

CHE COS'È UN ECOSISTEMA

___Indice___

Introduzione

I biomi terrestri

Trasferimento di energia

La catena trofica

I nutrienti

La produttività primaria

Alterazione della catena alimentare

Il bioma

Ecosistemi della Terra

La successione ecologica

L'agro-ecosistema

Gli ecosistemi e l'uomo

L'uomo e l'ecosistema

Ecosistemi e sostenibilità

Capacità di carico di un ecosistema

Ecosistemi a rischio: perché?

Alterazione degli equilibri

L'agroecosistema

La terra per mangiare

Agricoltura e cambiamenti climatici

Coltivare adattandosi ai nuovi climi

Sprechi di acqua

Agrobiodiversità

CHE COS'È UN ECOSISTEMA

Introduzione

Le regioni climatiche della Terra hanno dato origine a una grande varietà di ambienti naturali. Ogni habitat è formato da una comunità di animali e piante, chiamata **ecosistema**, che per sopravvivere deve adattarsi all'ambiente circostante sfruttandone al meglio le risorse.

550 milioni di anni fa, le piante cominciarono a crescere sulla Terra creando il primo ambiente adatto alla vita animale: inizialmente dominavano muschi e felci, poi si svilupparono le conifere e le piante con fiori. Parallelamente si sono evoluti anche gli animali erbivori e si posero le basi per i complessi ecosistemi di oggi.

I biomi terrestri

L'ecosistema è un sistema complesso formato da organismi che vivono in un determinato ambiente. Gli animali e le piante costituiscono le componenti biotiche dell'ecosistema, mentre il sottosuolo, l'aria e l'acqua, la luce, la temperatura, il clima, le piogge, ecc. fanno parte della componente abiotica. Le componenti biotiche e abiotiche instaurano tra loro un insieme di relazioni che caratterizzano l'ecosistema stesso e lo portano in una situazione di "equilibrio" temporaneo. Sulla base della loro funzione all'interno di un ecosistema, le componenti biotiche (gli organismi viventi), si possono suddividere in:

- **produttori** (piante, alghe e alcuni batteri): sono gli organismi "autotrofi" che producono da sé la sostanza organica per vivere e accrescersi, utilizzando semplici molecole inorganiche come l'acqua, l'anidride carbonica (CO₂) e i nitrati;
- **consumatori**: sono organismi "eterotrofi", poiché non sono in grado di produrre il proprio nutrimento, e si cibano quindi di produttori (ad esempio i consumatori erbivori, come le mucche e le pecore, che mangiano l'erba dei prati) o di altri consumatori (i consumatori carnivori come il leone o l'uomo stesso);
- **decompositori**: sono funghi e batteri che si cibano decomponendo i tessuti degli organismi morti.

Ogni ecosistema contiene una definita quantità di materia organica che comprende tutti i suoi organismi vegetali e animali; con il termine di biomassa si identifica il peso di tale materia, calcolato allo stato secco e per unità di superficie occupata dall'ecosistema stesso.

Trasferimento di energia

Le relazioni tra le diverse componenti di un ecosistema sono così strette che, se una di esse viene danneggiata, l'intero ecosistema risulta turbato. Le principali relazioni sono quelle costituite dai flussi di energia e dai flussi di nutrienti. L'ecosistema è un sistema aperto rispetto all'energia, cioè l'energia entra ed esce continuamente dal sistema. L'energia entra nell'ecosistema principalmente dal sole, attraversa la comunità biotica e la sua catena alimentare, e fuoriesce sotto forma di calore, materia organica e organismi prodotti. Più nel dettaglio, gli organismi produttori sono in grado di

captare e utilizzare l'energia del sole per trasformare alcuni composti inorganici in composti organici attraverso il processo di fotosintesi. Tali composti vengono utilizzati dai produttori stessi in due modi: per vivere e per accrescersi (in tal caso i composti organici vanno a formare nuovi elementi strutturali delle piante come foglie e rami nuovi). Gli erbivori, nutrendosi dei vegetali, ne assumono le sostanze organiche e le metabolizzano, cioè le trasformano in altre sostanze organiche adatte ad essere utilizzate per tutte le funzioni vitali (respirazione, movimento, calore corporeo ed altre ancora) e come materiale strutturale per il loro accrescimento. Analogamente, si comportano gli animali carnivori, nutrendosi di altri animali. Il processo continua così da una categoria di organismi all'altra.

Il trasferimento di energia attraverso la catena alimentare è però accompagnato da perdite sotto forma di calore dissipato nell'ambiente per il secondo principio della termodinamica (che puoi ritrovare nella sezione "energia"). Ciò significa che nel nutrimento dei carnivori sarà disponibile meno energia di quanta è a disposizione degli erbivori, che a loro volta ricevono dal loro nutrimento meno energia di quanta ne venga utilizzata dalle piante nel processo di metabolizzazione del nutrimento stesso, (la materia organica formata grazie al processo di fotosintesi). Il trasferimento percentuale di energia da un livello trofico al successivo viene definito "**efficienza ecologica**" o efficienza della catena alimentare.

La catena trofica

Ci sono due tipi di **catene alimentari**: la catena del pascolo e la catena del detrito. La prima parte dalle piante verdi, passa attraverso gli erbivori pascolanti, quindi ai carnivori di primo livello che si cibano degli erbivori, poi ai carnivori di secondo livello che si cibano di altri carnivori. La seconda invece parte dalla materia organica morta, passa attraverso i microrganismi, da questi agli animali detritivori (consumatori di detrito), per finire ai loro predatori, cioè animali carnivori.

Le catene alimentari sono fittamente interconnesse tra loro, e questo è il motivo per cui si parla di rete trofica (o alimentare). Negli ecosistemi naturali, gli organismi che ottengono il cibo dal sole con lo stesso numero di passaggi appartengono allo stesso livello trofico. Quindi, le piante verdi (produttori) occupano il primo livello trofico, gli organismi che si nutrono di piante occupano il secondo livello (consumatori primari), i carnivori appartengono al terzo livello e i carnivori predatori al quarto livello (consumatori secondari e terziari). La sorgente e la qualità dell'energia disponibile stabiliscono, per tutti i livelli, il tipo e numero di organismi, e i loro processi di sviluppo.

I nutrienti

A differenza dell'energia, che entra ed esce dall'ecosistema seguendo un percorso lineare, la materia segue un percorso circolare passando dal comparto abiotico agli organismi viventi per poi tornare al comparto abiotico. Questi percorsi sono definiti **cicli biogeochimici**. Carbonio, idrogeno, azoto, fosforo e calcio sono necessari agli organismi viventi in grande quantità e per questo si definiscono **macronutrienti**. Altri elementi come ferro, magnesio, manganese, zinco, ecc., sono richiesti in minore quantità e sono per questo definiti **micronutrienti**. Tale divisione è puramente accademica, poiché gli organismi per accrescersi e riprodursi hanno bisogno di tutte queste sostanze in misura

diversa in funzione del momento fisiologico del proprio sviluppo. Le sostanze che si possono definire essenziali variano da specie a specie. Sia lo sviluppo numerico di una popolazione, sia la crescita individuale dell'organismo dipendono da quell'elemento o composto che, rispetto al fabbisogno dell'organismo, si trova nell'ambiente in minore quantità: il **fattore limitante**.

La produttività primaria

La produttività primaria di un ecosistema è definita come la velocità alla quale l'energia solare viene trasformata dalla fotosintesi clorofilliana in sostanza organica. Si definisce:

- **produttività primaria lorda (PPL)**, la velocità totale di fotosintesi (detta perciò anche fotosintesi totale);
- **produttività primaria netta (PPN)**, la velocità di immagazzinamento della materia organica prodotta, al netto di quella usata dalla pianta per vivere (detta perciò anche fotosintesi apparente);
- **produttività netta della comunità (PNC)** è la velocità di immagazzinamento della materia organica non utilizzata dagli animali erbivori e carnivori;
- **produttività secondaria (PS)** è la velocità di immagazzinamento della materia organica per fini energetici da parte dei consumatori (cioè gli organismi eterotrofi, incapaci di effettuare la fotosintesi).

Un alto tasso di produttività primaria negli ecosistemi si ottiene quando i fattori fisici (ad esempio: acqua, nutrienti e clima) sono favorevoli. Anche la presenza di forme di energia secondaria può aiutare ad innalzare il tasso di produttività primaria. Un esempio è quello degli estuari, uno degli ecosistemi tra i più produttivi al mondo. Negli estuari l'acqua dolce si miscela con quella marina. Le piante qui presenti formano un esteso tappeto fotosintetico. Fusti e radici intrappolano grandi quantità di particelle alimentari e, compiuto il loro ciclo vitale, si decompongono fornendo un'ulteriore quota di materia organica all'ecosistema. L'energia secondaria è qui rappresentata dall'azione delle maree che aiuta, da un lato, la rapida circolazione dei nutrimenti e, dall'altro, facilita l'eliminazione dei rifiuti prodotti, cosicché gli organismi che qui vivono (larve di spigole, orate, cefali e vongole) non spendono energie per procurarsi il cibo o per eliminare rifiuti e possono accrescersi più rapidamente.

Alterazione della catena alimentare

L'innovazione tecnologica applicata all'agricoltura per la lotta agli organismi parassiti che danneggiano le coltivazioni ha comportato l'impiego di pesticidi in gran quantità e per lungo tempo. Queste sostanze sono tossiche e il loro accumulo ha variato gli equilibri della biosfera perché hanno effetti nocivi su molti organismi compreso l'uomo. Il DDT è una sostanza che, introdotta nell'ambiente, ha provocato danni agli ecosistemi, creando un fenomeno di inquinamento da pesticidi diffuso su scala mondiale. Gli studi che hanno accertato la quantità di DDT presente negli organismi hanno confermato la sua presenza nei pesci di tutto il mondo, nelle popolazioni eschimesi, negli animali che vivono nelle regioni polari e nel latte materno. Questo passaggio del DDT attraverso i diversi livelli della catena alimentare è possibile perché la molecola rimane

inalterata, infatti non si degrada facilmente. Ne consegue che ad ogni salto di livello (dalla pianta all'insetto, all'uccello insettivoro, al mammifero predatore), la concentrazione del DDT negli organismi aumenta di circa 10 volte. Cioè, se la massa degli organismi diventa la decima parte, la concentrazione del pesticida diventa dieci volte superiore.

I danni arrecati agli organismi dal DDT sono allarmanti: quando la molecola raggiunge i mari, rallenta l'attività fotosintetica delle alghe, le uova degli uccelli sono fragili e si rompono facilmente durante la cova perché sono povere di calcio, diminuisce il numero di individui di una popolazione, nell'uomo i danni riguardano gli organi e gli apparati.

Un esempio di ecosistema alterato. In Borneo l'uso del DDT ha causato l'alterazione dell'ecosistema, che indirettamente ha colpito l'uomo. Il grande uso di DDT per sterminare le zanzare che trasmettono la malaria ha ucciso tutti gli insetti, compresi quelli utili all'uomo come gli scarafaggi. Questi insetti sono il principale alimento delle lucertole, la cui popolazione si è ridotta fortemente così come il numero dei felini che si nutrivano delle lucertole. I felini, però, tenevano sotto controllo anche la popolazione dei topi: la riduzione dei felini ha portato a un aumento del numero dei topi, che in condizioni di sovraffollamento trasmettono all'uomo pericolose malattie. Il Borneo, dopo le campagne di disinfestazione col DDT, è stato colpito da epidemie infettive che hanno causato più vittime della malaria.

Il bioma

Un bosco, un lago, un fiume, un prato, una spiaggia, il mare, anche gli spazi verdi di città sono tutti ecosistemi. In breve, ogni centimetro del nostro pianeta costituisce o fa parte di un ecosistema. Gli ecosistemi possono avere dimensioni molto diverse. Sono considerati ecosistemi sia la foresta temperata, che occupa gran parte dell'America settentrionale, dell'Europa e dell'Asia settentrionale, sia la cavità piena d'acqua e di vita di un faggio che fa parte della stessa foresta (in questo caso è chiamato "micro ecosistema"). La Terra stessa può essere considerata un unico grande ecosistema. La divisione in ecosistemi di dimensioni più ridotte e definite è necessaria nel caso di studi mirati, ma in realtà i limiti di un ecosistema sfumano normalmente in quelli di un altro, e gran parte degli organismi possono far parte di ecosistemi diversi in momenti differenti. Ad esempio, le acque dolci diventano salmastre vicino alle coste, e in questo modo l'ecosistema mare e quello d'acqua dolce risultano connessi da flussi di energia e di alimenti. I confini di un ecosistema possono variare anche nel tempo a causa di diversi fattori che alterano gli equilibri, tra cui l'estinzione di una specie, l'intervento dell'uomo, l'introduzione in un ecosistema di specie esotiche ed altri ancora.

In condizioni ideali, aree che hanno caratteristiche fisiche e chimiche uniformi dovrebbero presentare ecosistemi ben definiti e facilmente riconoscibili. In natura, però, non è possibile trovare condizioni così omogenee. Soprattutto nel caso di ecosistemi terrestri, è più semplice identificare associazioni di ecosistemi. In particolare, ecosistemi vicini che condividono i cicli biogeochimici e presentano componenti abiotiche simili si dicono "**biomi**". Gli ecosistemi terrestri si possono dunque raggruppare in numerosi biomi.

Ecosistemi della Terra

Sulla base del tipo di vegetazione che maggiormente li caratterizza, gli ecosistemi sono riconoscibili, e si suddividono in:

- deserto
- savana
- steppa
- foresta temperata
- foresta tropicale
- foresta boreale o taiga
- tundra
- macchia mediterranea

Gli ecosistemi acquatici si dividono invece in:

- ecosistemi di acqua dolce: laghi e stagni, fiumi e torrenti, paludi e acquitrini;
- ecosistemi marini: barriera corallina, oceani, piattaforme continentali, zone di risalita dei nutrienti, estuari.

Sulla Terra, però, non esistono solo gli ecosistemi naturali, ma anche quelli creati artificialmente dall'uomo nel momento stesso in cui lo sviluppo lo ha portato ad organizzare la propria vita sociale e il proprio modo di vivere e produrre secondo precise caratteristiche.

Gli ecosistemi artificiali si dividono in:

- ecosistemi urbano-industriali (metropoli);
- ecosistemi rurali (piccole cittadine);
- agroecosistemi (campo coltivato).

La successione ecologica

La storia di un ecosistema, dalla nascita alla maturità, si chiama **successione ecologica**. La successione ecologica, in pratica, è una sequenza continua di modificazioni delle componenti biotiche e abiotiche di un'area; si arriva così ad un ecosistema stabile (quello che viene definito "**climax**") caratterizzato da un equilibrio tra le sue diverse componenti, ovvero, nessuna prevale sulle altre decretandone l'estinzione. La sequenza delle comunità che via via si sostituiscono nell'ecosistema è detta "**serie**" e sono definiti "**stadi seriali**" le diverse fasi di transizione. In alcuni casi, le popolazioni stesse modificano l'ambiente in cui vivono e causano la loro stessa estinzione a vantaggio di altre specie di organismi. Esempi di questo processo evolutivo si possono facilmente trovare in natura, dove la formazione di ogni nuovo ambiente (dovuta all'incendio di un bosco, alla deviazione di un corso fluviale, ad un campo agricolo abbandonato, ecc.) determina inizialmente la diffusione di organismi definiti "pionieri", cioè che sono in grado di crescere nonostante le difficili condizioni della zona (scarsa presenza di nutrienti). L'attività vitale di questi primi organismi modifica l'ambiente, creando nuove condizioni che sono favorevoli per altri organismi più esigenti. Questi ultimi si sviluppano causando spesso l'eliminazione degli stessi organismi pionieri.

Per capirci meglio. Ad esempio, muschi, licheni ed erba sono spesso specie pioniere su lava solidificata o substrati rocciosi. Tali organismi sono infatti in grado di frantumare i substrati rocciosi per estrarne i minerali necessari alla loro sopravvivenza. Inoltre, una volta morti, essi forniscono quel materiale organico che, decomponendosi, diviene "suolo" utilizzato da specie vegetali che si insediano in un momento successivo per alimentarsi e per accrescersi. Un esempio di successione ecologica è ciò che avviene sulle dune sabbiose: le prime specie vegetali che si insediano sono molto adattabili e in grado di utilizzare la modestissima disponibilità di sostanze nutrienti. Queste prime specie pioniere fissano, con il loro apparato radicale, la sabbia rendendo le dune più stabili. Inoltre, una volta morte, rimangono sul terreno e lo arricchiscono di materia organica derivante dalla loro decomposizione. Si crea così un ambiente più ricco e quindi più adatto a sostenere la vita di organismi più esigenti che soppiantano gradualmente quelli pionieri; la composizione in specie diviene via via più diversificata e si instaurano processi naturali di alimentazione e competizione sempre più complessi.

L'agro-ecosistema

Un tipico esempio di ecosistema artificiale è il campo coltivato, o agro-ecosistema. Si tratta di un sistema naturale modificato dall'uomo mediante l'attività agricola. Si differenzia dall'ecosistema naturale per quattro aspetti:

- **la semplificazione:** l'agricoltore privilegia un tipo di pianta combattendo tutte quelle specie animali e vegetali che potrebbero danneggiarla;
- **l'apporto di energia** da parte dell'uomo sotto forma di macchine, concimi, fitofarmaci, sementi selezionate, lavorazioni;
- **la biomassa** (raccolto) viene asportata una volta matura. Questo rende l'ecosistema un sistema aperto, cioè dipendente dall'esterno per reintrodurre sostanze fertilizzanti atte ad alimentare un nuovo processo di nascita e sviluppo del materiale organico (le piante). Un ecosistema naturale, invece, rimanendo la biomassa nell'ambiente originale si concima da solo;
- **l'immissione di sostanze inquinanti** quali, nel caso di agricoltura intensiva, concimi chimici, antiparassitari e altre sostanze chimiche non biodegradabili che si accumulano nell'ecosistema o si perdono nel sottosuolo, arrivando in alcuni casi ad inquinare gravemente falde sotterranee, mari e fiumi.

Anche la casa è un piccolo ecosistema artificiale. Dall'esterno entrano oggetti, alimenti, energia solare, acqua, ecc. e all'esterno vengono immessi i rifiuti solidi e liquidi generati dalle attività umane. Analogamente la città. Essa dipende infatti dall'esterno per le forniture di acqua, cibo, materiali da costruzione e altre risorse necessarie al suo sviluppo e sempre all'esterno scarica i propri rifiuti (in discariche e inceneritori), cioè tutto quanto non contribuisce alla sopravvivenza dell'ecosistema città.

Gli ecosistemi e l'uomo

Gli ecosistemi terrestri e acquatici sono delle "fabbriche" naturali complesse e perfettamente organizzate che producono tutto ciò che è necessario a consentire la vita sulla Terra e a coprire i fabbisogni base dell'umanità: cibo, fibre, acqua. Alcune di queste funzioni sono essenziali per l'uomo, quali la purificazione dell'aria e dell'acqua, il controllo del clima, il ciclo dei nutrienti, la fertilità del suolo. Inoltre, alcuni ecosistemi (le spiagge, i boschi, i laghi, l'alta montagna, le valli isolate) costituiscono i luoghi ideali per la ricreazione e il turismo. Inoltre, va riconosciuta anche l'importanza a livello economico: il 50% degli abitanti del mondo trova occupazione nell'agricoltura, nelle foreste e nella pesca. Questa percentuale sale al 70% se si considerano esclusivamente i paesi sub sahariani, asiatici e quelli del Pacifico. Il 25% dei paesi del mondo ha un'economia che dipende ancora quasi totalmente dai settori sopra citati. Solo l'agricoltura produce 1,3 trilioni di dollari in cibo e fibre ogni anno.

L'uomo e l'ecosistema

I processi umani di produzione agricola, di produzione industriale e di consumo (o uso) dei beni materiali si svolgono secondo regole simili a quelle che caratterizzano la circolazione di materia ed energia negli ecosistemi naturali. Anche nel caso della produzione e consumo di beni, la materia e l'energia vengono ricavate dalla natura, passano attraverso i processi produttivi e arrivano alla fase di consumo. Sia nella fase di produzione, sia in quella di uso delle merci, si generano scorie e rifiuti che sono scaricati nell'ambiente. Le principali differenze nel flusso di materia e di energia fra gli ecosistemi naturali e quelli artificiali umani consistono:

- nella velocità con cui vengono asportate le risorse dalla natura e con cui i rifiuti vengono restituiti alla natura (sfruttamento eccessivo delle risorse naturali esauribili e rinnovabili);
- nella qualità dei materiali che partecipano a tale flusso (fenomeno dell'inquinamento).

Entrambi questi fattori costituiscono un limite spesso insormontabile all'espansione degli ecosistemi artificiali. In assenza di un controllo e di azioni correttive, questi corrono il rischio di compromettere la loro esistenza e forse quella di molti altri ecosistemi naturali. Le risorse naturali, che vengono asportate a un ritmo troppo elevato, rischiano di esaurirsi e non possono alimentare nuovi processi produttivi. I rifiuti vengono prodotti in quantità e a un ritmo di gran lunga superiore alle capacità di depurazione e assimilazione dell'ambiente, anche perché, in molti casi, si tratta di rifiuti non biodegradabili in tempi brevi.

Ecosistemi e sostenibilità

Nel 1987 ci fu il primo rapporto della *Commissione Mondiale sull'Ambiente e lo Sviluppo* (WCED), chiamato rapporto *Brundtland* (dal nome dell'allora primo ministro norvegese *Gro Harlem Brundtland*, presidente della Commissione). Nel 1992 seguì la Conferenza mondiale sull'ambiente, l'*Earth Summit* di Rio de Janeiro; in entrambe le occasioni si ufficializzò in tutto il mondo il termine "**sviluppo sostenibile**". Lo sviluppo sostenibile è una forma di sviluppo volto a non compromettere

la possibilità delle future generazioni di perdurare nello sviluppo, o a godere della stessa quantità di risorse presenti oggi. Ciò è possibile preservando la qualità e la quantità del patrimonio e delle riserve naturali. L'**Agenda 21**, cioè agenda per il ventunesimo secolo, rappresenta il documento ufficiale approvato dai paesi di tutto il mondo a Rio de Janeiro e, da allora, la "*Commissione per lo sviluppo sostenibile*" presso l'ONU, si accerta che vengano rispettate le direttive dell'Agenda 21 in tutti i paesi che l'hanno sottoscritta. *Herman E. Dally*, economista presso la banca mondiale, nel 1991 ricondusse lo sviluppo sostenibile a tre condizioni indispensabili per l'uso delle risorse naturali da parte dell'uomo:

- l'utilizzo delle risorse rinnovabili non deve superare la loro capacità di rigenerazione;
- l'immissione di inquinanti e scorie nell'ambiente non deve superare la capacità di carico dell'ambiente stesso;
- lo stock di risorse non rinnovabili deve restare costante nel tempo.

Capacità di carico di un ecosistema

La capacità di carico di un ecosistema è la capacità naturale che un ecosistema possiede di produrre in maniera stabile le risorse necessarie alle specie viventi che lo popolano, senza rischi per la sopravvivenza. Ogni anno migliaia di specie si estinguono, da microorganismi a grossi mammiferi. Si è stimato che il tasso medio di estinzione sia da 1000 a 10.000 volte più veloce negli ultimi 60 milioni di anni. Per questo si pensa che ci possa essere una nuova estinzione di massa, la prima in assoluto causata non da eventi naturali ma dall'uomo. Nove specie su dieci sono minacciate soprattutto dal degrado e dalla distruzione dell'habitat. Gli uomini hanno trasformato gran parte del territorio convertendo foreste e praterie in aree agricole, hanno prosciugato paludi e cementificato per costruire nuove città. Ogni anno perdiamo circa 16 milioni di ettari di foresta, per la maggior parte tropicale, dove si trova il più alto livello di biodiversità. Altri ecosistemi come quelli d'acqua dolce e terrestri sono stati inquinati dall'attività umana. La perdita di una singola specie si ripercuote poi su molti altri ecosistemi. La biodiversità offre, infatti, servizi fondamentali, fornendo l'aria che respiriamo, filtrando l'acqua che beviamo, fornendo cibo e medicinali, ecc.

Quando gli ecosistemi perdono la biodiversità, perdono anche la resilienza, cioè la capacità di un ecosistema di adattarsi e diventano più sensibili agli effetti dei cambiamenti climatici o all'invasione delle specie aliene. L'uomo dovrebbe trovare il modo di vivere entro le capacità di carico degli ecosistemi, mentre il consumo eccessivo di risorse senza riciclaggio, porta soltanto all'esaurimento delle stesse. Negli ultimi cento anni la popolazione mondiale è cresciuta di dieci volte grazie allo sviluppo tecnologico. In realtà la maggior parte dei Paesi con un reddito pro capite alto ha una popolazione a crescita stabile, ma il consumo delle risorse continua ad aumentare.

Impronta ecologica. Per valutare l'impatto ecologico di una popolazione, ci sono molti modelli di calcolo. Uno di questi è il calcolo della **impronta ecologica**: questo è un metodo di misurazione che indica quanto territorio biologicamente produttivo viene utilizzato da un individuo, una famiglia, una città, una regione, un paese o dall'intera umanità per produrre le risorse che consuma e per assorbire i rifiuti che genera (Definizione del WWF).

Ecosistemi a rischio: perché?

L'uomo ha sempre pensato di poter modificare l'ambiente in cui vive per soddisfare le proprie necessità. Spesso però non ha tenuto conto delle conseguenze che questo comportamento implica: spesso l'uomo è intervenuto per ottenere un certo effetto, raggiungendo un risultato assolutamente contrario. Il caso tipico può essere quello della distruzione di ecosistemi molto produttivi, come estuari e paludi, in nome del recupero dei terreni ad attività agricola e quindi più produttiva. Ma non si è tenuto conto della funzione particolare che hanno estuari e paludi. Infatti, in queste zone, l'abbondante produzione di vegetali non ha una diretta utilità alimentare, ma un'importante funzione per la produzione e l'accrescimento di numerosissime specie di uccelli e di fauna acquatica. Alla distruzione di queste aree (e al loro impiego nell'attività agricola o industriale) segue inevitabilmente la scomparsa di queste specie e la perdita dei valori alimentari connessi.

Un'altra evidente contraddizione è la distruzione della foresta tropicale per fare posto all'agricoltura. In queste zone la fertilità del terreno è dovuta al continuo apporto di nutrienti da parte della vegetazione. Infatti, i prodotti della decomposizione dei tessuti vegetali vengono bloccati e successivamente utilizzati da una fittissima rete di radici. La distruzione delle foreste tropicali, e quindi, di questa estesa e importantissima rete di apparati radicali, lascia terreni che perdono rapidamente la loro fertilità e la loro stabilità e in cui solo con elevati apporti di fertilizzanti si può ottenere una continuità nelle produzioni. Di qui la necessità di bruciare parti sempre nuove di foresta per avere a disposizione dell'agricoltura terreni fertili per qualche anno soltanto.

Alterazione degli equilibri

Sfruttando gli ecosistemi, inevitabilmente se ne alterano gli equilibri, a tal punto che spesso ne vengono compromesse la salute e la capacità produttiva. Ogni intervento umano nella gestione dell'ambiente, quindi, deve essere pensato anche in funzione delle conseguenze che potrebbe avere sul benessere degli ecosistemi e sulla loro produttività. A questo proposito è necessario averne una conoscenza dettagliata e valutarne le capacità produttive e la destabilizzazione che l'intervento umano può provocare. È importante assegnare un valore ai beni e ai servizi forniti dagli ecosistemi, ed è importante tenerne conto in fase di definizione di una politica d'intervento. Questo processo di valutazione, però, è stato fatto finora solo in pochissimi casi, tanto è vero che non esiste una stima e un'idea del degrado subito in questi ultimi anni dagli ecosistemi a livello globale o a livello locale. Né si ha una precisa conoscenza se e quanta parte di questo degrado potrà essere recuperato dall'uomo con opportune azioni di ripristino.

L'agroecosistema

Un tipico esempio di ecosistema artificiale è il campo coltivato, o **agro-ecosistema**. Si tratta di un sistema naturale modificato dall'uomo mediante l'attività agricola. Si differenzia dall'ecosistema naturale per quattro aspetti:

- la semplificazione: l'agricoltore privilegia un tipo di pianta combattendo tutte quelle specie animali e vegetali che potrebbero danneggiarla;

- l'apporto di energia da parte dell'uomo sotto forma di macchine, concimi, fitofarmaci, sementi selezionate, lavorazioni;
- la biomassa (raccolto) viene asportata una volta matura. Questo rende l'ecosistema un sistema aperto, cioè dipendente dall'esterno per reintrodurre sostanze fertilizzanti atte ad alimentare un nuovo processo di nascita e sviluppo del materiale organico (le piante). Un ecosistema naturale, invece, rimanendo la biomassa nell'ambiente originale si concima da solo;
- l'immissione di sostanze inquinanti quali, nel caso di agricoltura intensiva, concimi chimici, antiparassitari e altre sostanze chimiche non biodegradabili che si accumulano nell'ecosistema o si perdono nel sottosuolo, arrivando in alcuni casi ad inquinare gravemente falde sotterranee, mari e fiumi.

Anche la casa è un piccolo ecosistema artificiale. Dall'esterno entrano oggetti, alimenti, energia solare, acqua, ecc. e all'esterno vengono immessi i rifiuti solidi e liquidi generati dalle attività umane. Analogamente la città. Essa dipende infatti dall'esterno per le forniture di acqua, cibo, materiali da costruzione e altre risorse necessarie al suo sviluppo e sempre all'esterno scarica i propri rifiuti (in discariche e inceneritori), cioè tutto quanto non contribuisce alla sopravvivenza dell'ecosistema città.

La terra per mangiare

Coltivare la terra e nutrirsi dei suoi prodotti è da sempre un'attività che l'uomo svolge tenendo in considerazione le condizioni climatiche e ambientali tipiche del territorio. Con il progresso e le moderne tecnologie l'uomo ha pian piano superato i limiti imposti dall'ambiente, aumentando così le pressioni sull'ambiente stesso. L'uomo, quindi, ha modificato il paesaggio per renderlo più produttivo, trasformando il suolo in campi coltivati, bonificando zone umide, terrazzando pendii, convertendo le foreste in pascoli. L'agricoltura ha un'influenza sull'ambiente nella misura in cui ne utilizza le risorse e produce sostanze -naturali e chimiche- che vengono poi immesse nei diversi comparti ambientali, suolo, acqua e atmosfera. Per coltivare, ad esempio, un campo di mais, oltre all'energia proveniente dal sole, occorre il suolo con i suoi sali minerali e le sostanze nutritive, l'acqua per irrigare, il fertilizzante chimico per sostenere la crescita delle piante; serve, poi, che il mais sia protetto dagli attacchi di insetti, funghi e parassiti, cosa che in natura avviene grazie alla presenza di altri organismi animali e vegetali che si nutrono di questi insetti. L'uomo spesso, però, interviene per evitare che la coltivazione venga attaccata e mangiata dai parassiti con insetticidi molto potenti e nocivi per tutto l'ambiente e per l'uomo. L'immissione di queste sostanze nell'ambiente e l'utilizzo delle risorse naturali alterano gli equilibri naturali e rendono fragile l'ambiente, che cerca di compensare gli effetti determinati dall'attività agricola, così come gli effetti prodotti da ogni attività antropica. Qualora si verificassero, però, delle condizioni di forti cambiamenti climatici, soprattutto a scala mondiale, siano essi causati da eccessivi input da parte dell'attività dell'uomo, o siano conseguenza di una naturale evoluzione del pianeta, i sistemi agricoli diventano incapaci di mantenere gli alti livelli di produzione richiesti, poiché dipendono direttamente dalle condizioni del suolo, dell'atmosfera e dell'acqua.

Agricoltura e cambiamenti climatici

Il clima della Terra sta cambiando e di ciò vi è oggi evidenza scientifica. Alcuni gas sono stati da tempo individuati come responsabili del surriscaldamento globale e del cosiddetto “effetto serra”, in particolare l’anidride carbonica (CO₂), il metano (CH₄) e il protossido d’azoto (N₂O), presenti naturalmente in atmosfera, ma prodotti in concentrazioni molto elevate da attività dell’uomo, come l’uso di combustibili fossili per trasporti e per attività industriali, il cambio di uso del suolo e la deforestazione. Le condizioni climatiche generali sono diventate maggiormente variabili. Le precipitazioni sono aumentate nelle regioni dell’Europa settentrionale unitamente alla frequenza di uragani e tempeste, mentre al sud si verifica un calo delle precipitazioni e un aumento della siccità. Analisi statistiche mostrano che il rischio che si verifichino eventi catastrofici in futuro è sempre più alto e con esso i possibili danni economici correlati. L’Europa meridionale e il bacino del Mar Mediterraneo, in particolare, sono tra le zone a maggiore rischio di siccità, mentre le aree montuose come le Alpi rischiano di subire profonde alterazioni dell’assetto dei propri ghiacciai e dei corsi d’acqua, a causa dell’aumento della temperatura.

Nei prossimi decenni le coltivazioni subiranno probabilmente degli sfasamenti temporali, i raccolti dovranno essere anticipati dall’estate alla primavera e sarà necessario applicare una rotazione delle colture introducendo varietà che richiedono meno acqua rispetto al mais e alle poche coltivazioni oggi selezionate. Alla luce dei vasti effetti che i cambiamenti climatici stanno esercitando sull’intero pianeta nel medio e lungo periodo, il contesto delle politiche con cui i paesi regolano e orientano le proprie azioni nel settore dell’agricoltura è destinato a prendere in considerazione una duplice sfida: da un lato la necessità di ridurre le emissioni atmosferiche dei “gas serra” (GHG), dall’altro l’esigenza di adattare le attività antropiche alle nuove condizioni climatiche allo scopo di ridurre gli effetti negativi sull’uomo. In particolare, l’agricoltura ha grandi possibilità di contribuire alla mitigazione dei cambiamenti climatici, visti i notevoli impatti che esercita sull’ambiente: essa può, infatti, ridurre le elevate emissioni di metano e protossido d’azoto (provenienti da concimi utilizzati per fertilizzare e dalle attività zootecniche collegate), aumentare la capacità dei suoli agricoli di assorbire anidride carbonica dall’atmosfera, fornire materie prime utili a generare fonti energetiche rinnovabili.

E l’agricoltura come agisce sui cambiamenti climatici? L’agricoltura rappresenta il terzo settore più importante nell’emissione di gas serra, in stretta correlazione con il settore dell’allevamento, producendo il 9% del totale dei GHG emessi in atmosfera da attività antropiche. Il contributo maggiore dell’agricoltura è dato dalle emissioni di protossido d’azoto (N₂O) derivanti dall’applicazione di fertilizzanti sui suoli da coltivare (5%), seguito dalle emissioni di metano (CH₄) provenienti dal concime e dai processi digestivi dei ruminanti. Il ruolo dell’agricoltura nelle emissioni atmosferiche dipende, infatti, dal tipo di aziende agricole presenti sul territorio e dalle forme di allevamento intensivo o estensivo a cui esse si dedicano. Vi è inoltre da considerare che le emissioni di gas serra provenienti da quelle attività agricole che richiedono l’uso di energia (ad esempio, il carburante per i macchinari, l’energia elettrica per illuminare e per svolgere le attività all’interno degli stabilimenti, etc.) non vengono calcolate, secondo la politica comunitaria europea, all’interno delle emissioni prodotte dal settore agricolo, ma sono attribuite al settore energetico. Lo stesso discorso può essere fatto per quantificare il carbonio che il suolo può naturalmente assorbire

(fenomeno detto “**carbon sequestration**”), aiutando così a ridurre l’anidride carbonica in eccesso in atmosfera: questo tipo di contributo non viene attribuito al settore agricolo, ma conteggiato in relazione all’uso del suolo e ai cambiamenti di uso del suolo. Per questi motivi, misurare gli effetti dell’agricoltura sui cambiamenti climatici è più complesso che per altri settori come quello industriale, poiché i calcoli sulle emissioni di gas serra prodotte dai sistemi agricoli devono considerare anche i complessi processi biologici ed ecologici coinvolti.

Coltivare adattandosi ai nuovi climi

Affinché l’agricoltura possa continuare ad essere un settore produttivo occorre applicare soluzioni che adattino i vecchi sistemi agricoli alle nuove condizioni climatiche. L’obiettivo è ridurre la vulnerabilità delle coltivazioni e aumentare la resilienza delle aree rurali sia dal punto di vista ambientale, sia economico, ossia aumentare la capacità delle attività agricole di recuperare la produttività dopo eventi catastrofici, come siccità, uragani, alluvioni. Le aziende agricole, per adattarsi alle diverse disponibilità di risorse, possono modificare la rotazione delle colture per fare un uso migliore dell’acqua, regolare i periodi di semina in funzione di temperature e precipitazioni, utilizzare varietà di coltivazioni maggiormente resilienti a ondate di caldo e di siccità e ripristinare siepi, filari di piante e aree cespugliose tra un’area coltivata e l’altra per ridurre la perdita di acqua dal terreno e dalle coltivazioni (aumentando le zone di ombra e riducendo l’evapotraspirazione delle piante). Il settore agricolo può orientare le attività fornendo informazioni sui rischi relativi ai cambiamenti climatici in corso e sulle possibili misure adattative che le aziende possono attuare.

In particolare, le misure adattative riguardano la capacità di prevenire eventi estremi correlati al clima come inondazioni, uragani o siccità e di limitare gli effetti derivanti dall’innalzamento delle temperature e dall’intensificazione delle variazioni climatiche. In Germania, ad esempio, il periodo di semina di mais e zucchero è stato anticipato di 10 giorni, nella Francia meridionale addirittura di 20 giorni. In alcuni casi l’adattamento richiede forme di investimento in macchinari ed infrastrutture per migliorare, ad esempio, il sistema di irrigazione.

Sprechi di acqua

Il divario tra il rifornimento idrico e la domanda di acqua sta aumentando in molte parti del mondo: in quelle aree che già oggi soffrono di carenza di acqua, la crescente siccità sarà il maggior vincolo alla crescita e allo sviluppo agricolo. Le alterazioni del clima determineranno soprattutto un decremento della disponibilità idrica annua in molte parti del mondo. In Europa, soprattutto nelle aree meridionali e centrali dell’Europa, diminuirà sempre più la disponibilità di acqua, a causa di una continua diminuzione delle precipitazioni estive e a fronte di elevate richieste idriche per le coltivazioni. Pensate che la quantità di acqua sufficiente ad irrigare un ettaro di risiera è la stessa che serve ai bisogni di 100 nomadi con 450 capi di bestiame in tre anni, o a 100 famiglie urbane nell’arco di due anni. Inoltre, nei Paesi del Sud del mondo, l’acqua utilizzata per l’irrigazione rappresenta ben il 91% del consumo idrico (rispetto al 39% dei paesi ad alto reddito), ma la produzione agricola è pari ad un terzo di quella dei paesi industrializzati, poiché metà dell’acqua destinata all’irrigazione evapora per le elevate temperature, oppure si perde per strada a causa di

perdite lungo le reti idriche che distribuiscono l'acqua. Per risolvere il problema degli sprechi occorre introdurre tecnologie più moderne come l'irrigazione a goccia e rinnovare le reti, ma spesso gravi problemi finanziari e politici limitano queste scelte.

L'uomo preleva per irrigare molta più acqua di quanta il pianeta possa rifornire: i prelievi per usi irrigui superano, infatti, in molte zone la capacità di apporto dei corsi d'acqua, delle piogge e quella di ricostituzione delle riserve naturali. Per questi squilibri, ogni volta che le piogge tardano a venire, rispetto ai cicli naturali, scoppiano ad esempio carestie, come quella che ha colpito qualche anno fa alcune regioni dell'Africa sub-sahariana, oppure senza che si verifichino eventi catastrofici lentamente si consumano le riserve idriche fino ad esaurirle: si calcola che in Giordania tra 35 anni le riserve acquifere sotterranee saranno completamente esaurite e che, per ricostituirle, occorreranno migliaia d'anni. Negli Stati Uniti il fiume Colorado, già dal 1960, non arriva più al mare, se non in anni di precipitazioni eccezionali, poiché si prelevano ingenti quantità di acqua lungo il suo corso prima che giunga nell'Oceano Pacifico. Nella regione africana del Sahel, sia a causa di una prolungata siccità, che del diminuito afflusso dei fiumi, le cui acque sono state deviate per usi irrigui, il lago Chad si è ridotto del 75% negli ultimi 30 anni. Ma la vicenda più esemplare è la morte del lago Aral (che era il 4° lago più grande del mondo), nel cuore dei deserti dell'Asia Centrale. Alcune repubbliche asiatiche dell'ex Unione Sovietica hanno deviato il corso dei due fiumi che rifornivano il lago, per coltivare riso e cotone, due coltivazioni estremamente bisognose d'acqua soprattutto se coltivate in terreni aridissimi. Questa scelta ha ridotto la superficie del Lago Aral del 70%; ciò ha provocato un ulteriore aumento della concentrazione di sali nelle sue acque – già salate in passato ma ricche di pesce – aggravata dalla presenza di inquinanti e pesticidi che, convogliati per anni nel lago dai fiumi o drenati dai campi di cotone, sono oggi concentrati ai livelli massimi. L'inquinamento sta generando, oltre alla distruzione dell'ecosistema lacustre, anche problemi sanitari gravissimi alle popolazioni locali: anemia, mortalità infantile, artriti reumatoidi, reazioni allergiche.

Agrobiodiversità

I biologi hanno provato diverse volte a calcolare il numero degli organismi viventi, con risultati anche molto contrastanti. Si va da una stima di 10 milioni ad una di 100 milioni. E ancora più incerto è il numero delle specie (tra i 100 milioni e i due miliardi) che si sono alternate da quando è comparsa la vita sulla Terra. Con maggiore precisione si può invece calcolare quante siano le specie finora note alla scienza: complessivamente sono 1.700.000. Nel "catalogo" dei biologi, gli esseri viventi più numerosi sono gli animali (1.400.000 specie), costituiti per oltre la metà da insetti (800.000), e per il resto da mammiferi (4.200 specie), uccelli (8.700 specie), rettili (6.300 specie), anfibi (3.000 specie) e pesci (23.000 specie). 300.000 sono invece le specie vegetali, mentre di altri gruppi di organismi viventi (batteri, virus, alghe pluricellulari, funghi) si contano 500.000 specie. Questa varietà di vita è essenziale per gli esseri umani. Dipendiamo da essa per il cibo, per le sostanze curative, per l'acqua, per l'energia e per molto altro. La biodiversità è, tuttavia, sempre più minacciata dalla pressione esercitata dall'uomo, la cui popolazione mondiale è in continua espansione, e dal degrado degli ecosistemi naturali determinato dalle attività antropiche. Le specie selvatiche rischiano l'estinzione se gli habitat in cui vivono vengono insidiati da inquinamento, urbanizzazione, deforestazione.

Questo processo distruttivo può essere accelerato da una cattiva gestione dell'agricoltura, delle foreste e delle risorse ittiche.

La biodiversità agricola è rappresentata da una quantità innumerevole di piante che servono a nutrire e curare gli esseri umani. La si trova nelle varietà di colture con caratteristiche nutrizionali specifiche, nelle razze di bestiame che si sono adattate ad ambienti ostili, negli insetti che impollinano i campi, nei microrganismi che rigenerano il suolo agricolo. Ma anche in agricoltura la biodiversità è in pericolo. Gli esseri umani per il cibo dipendono infatti da un numero sempre più ridotto di prodotti agricoli e questo riduce la possibilità che alcune delle piante coltivate e degli animali allevati sappia adattarsi a cambiamenti ambientali drastici. Circa 10 mila anni fa, gli esseri umani, a partire dalla biodiversità che esisteva in natura, hanno iniziato a raccogliere semi e piante selvatiche e a coltivarle, scegliendo le varietà più produttive o quelle più resistenti ad avverse condizioni climatiche. Più o meno nella stessa epoca, hanno cominciato ad addomesticare anche gli animali, sfruttando la loro forza, mangiandone la carne e bevendone il latte. Anche oggi la diversità genetica rimane essenziale affinché la produzione agricola mondiale possa continuare ad essere sostenibile. Contadini ed agronomi ne hanno bisogno per adattare le piante alle mutevoli condizioni di vita o per espandere la produzione in nuove aree non coltivate in precedenza. La diversità genetica delle piante (detta diversità **fitogenetica**) è fondamentale per migliorare i rendimenti ed avere colture che producano più cibo e con più alto valore nutrizionale.

Oggi, quattro specie – grano, mais, riso e patate – forniscono da sole più della metà delle calorie vegetali della dieta umana, mentre circa una dozzina di specie animali fornisce il 90% del consumo mondiale di proteine animali. Oltre alla varietà di specie usate a scopo alimentare, è fondamentale che sia mantenuta la diversità genetica all'interno delle diverse specie: molti agricoltori hanno adottato qualità uniformi di piante e animali ad alto rendimento, ma quando si abbandona la diversità, le varietà e le razze possono estinguersi, così come i loro tratti specifici. La spinta per un aumento della produzione agricola e dei profitti ha orientato la scelta su un numero limitato di varietà di piante e di razze animali ad alto rendimento. Questo è un altro retaggio della "rivoluzione verde": molti agricoltori, invece di coltivare un'ampia varietà di piante come nel passato, si sono concentrati su un'unica coltura da reddito, chiamata **monocoltura**, che ha ridotto sensibilmente la biodiversità agricola nel mondo. Le piante da monocoltura sono spesso varietà ibride di una specie tradizionale. Una migliore varietà produce di più, così il contadino non si preoccupa di piantare la varietà più vecchia, che lentamente sparisce.

Con l'agricoltura tradizionale, i contadini tendevano a coltivare una vasta varietà di piante e spesso allevavano anche il bestiame. Con l'avvento della monocoltura, le pratiche agricole tradizionali sono state in gran parte abbandonate. Un elevato numero di varietà di piante e razze di animali sono silenziosamente scomparse. Questa sparizione è conosciuta come "estinzione", ed è irreversibile. L'agricoltura sta, quindi, perdendo la capacità di adattarsi ai cambiamenti ambientali, come il riscaldamento globale o nuovi insetti nocivi e malattie. Se le attuali disponibilità alimentari non riescono ad adattarsi ai mutamenti dell'ambiente, ci potremmo trovare veramente in grave difficoltà. È estremamente importante proteggere queste risorse e assicurarsi che siano usate in modo sostenibile. Gli agricoltori, come custodi della biodiversità del pianeta, hanno la possibilità di

coltivare e mantenere gli alberi e le piante locali e di riprodurre gli animali autoctoni, assicurandone così la sopravvivenza.

Ma la perdita di biodiversità non riguarda solo l'agricoltura. Le foreste sono forse il più importante deposito di diversità biologica, ma ogni anno perdiamo migliaia di ettari di copertura forestale. Gli oceani, i laghi e i fiumi del pianeta brulicano di vita, ma lo sfruttamento eccessivo e metodi di pesca dannosi per l'ambiente minacciano la biodiversità acquatica. Gli esperti sono seriamente preoccupati per questa rapida diminuzione delle riserve genetiche. Disporre di una vasta gamma di caratteristiche uniche permette di selezionare piante ed animali in grado di rispondere a mutamenti di condizione. Ciò fornisce, inoltre, agli scienziati la materia prima di cui hanno bisogno per sviluppare varietà di colture e di razze più produttive e resistenti. Per i contadini poveri, la biodiversità può essere davvero la migliore difesa contro la fame: infatti, nelle regioni del mondo dove i livelli di sottonutrizione sono i più alti, i contadini hanno bisogno di colture che crescano bene in condizioni climatiche difficili avverse, piuttosto che di varietà con un buon rendimento in condizioni favorevoli, o di animali di taglia più piccola ma più resistenti alle malattie. Anche i consumatori, sia dei paesi sviluppati che di quelli in via di sviluppo, traggono beneficio dal disporre di un'ampia varietà di piante ed animali, perché ciò contribuisce in modo decisivo ad una dieta nutriente: spesso le comunità rurali hanno un accesso limitato ai mercati e diventa indispensabile la disponibilità della più ampia gamma di alimenti locali. Preservare le piante, gli animali ed il loro ambiente vuol dire, infine, salvaguardare una serie di funzioni essenziali che la natura fornisce. Il suolo, grazie al lavoro silenzioso e continuo di insetti, batteri, funghi, vermi, diventa fertile e gli agricoltori possono coltivare gli alimenti. Il bestiame, i funghi ed i microrganismi scompongono il materiale organico, trasferendo gli elementi nutritivi al terreno. Formiche ed altri insetti tengono sotto controllo i parassiti. Api, farfalle, uccelli e pipistrelli impollinano gli alberi da frutta. Le paludi e gli stagni filtrano gli agenti inquinanti. Le foreste ostacolano le inondazioni e limitano l'erosione. Ecosistemi integri negli oceani aiutano a mantenere stabili ed in buona salute le risorse ittiche, garantendo, quindi, anche alle generazioni future la possibilità di continuare a pescare.

Testo aggiornato ad agosto 2022