

Flussi di energia e ciclo della materia A cura di Rosa Roberto

La **Terra** nel suo complesso deve, **dal punto di vista geochimico**, essere considerata come un sistema sostanzialmente chiuso (trascuriamo la pioggia meteoritica e il vento solare) la cui parte esterna (crosta) può essere considerata, a sua volta, come un distinto sistema chimico-fisico entro il quale si è verificata, fin dai tempi più remoti, e si verifica tuttora, una migrazione di materiali in parte per fenomeni meccanici indotti da movimenti orogenetici o da forze gravitazionali, in parte per fenomeni fisico-chimici e biochimici.

Nella struttura terrestre dobbiamo distinguere una serie di involucri (**geosfere**) disposti concentricamente, sebbene le loro superfici di contatto (superfici di discontinuità), in generale, non siano sferiche. Ciascun involucro concentrico è caratterizzato da propri sistemi di equilibrio dinamici, fisici e chimici, in gran parte indipendenti e chiusi anche se **tutti i processi chimici della crosta terrestre sono soggetti alle stesse leggi meccaniche dell'equilibrio** (il concetto di equilibrio appare unificante in tutti gli indirizzi liceali, e non solo). È possibile evidenziare allora gli elementi caratteristici dei complessi fenomeni naturali e classificare i complicati sistemi di equilibri dinamici ai quali sottostanno gli involucri terrestri.

Tutti gli involucri terrestri (**geosfere**) individuati empiricamente, possono essere caratterizzati da alcune variabili in modo che sia possibile distinguere: gli **involucri termodinamici**, che sono determinati dai valori della temperatura e della pressione, gli **involucri fisici**, caratterizzati dalla condizione fisica di solido, liquido, ecc., dei corpi che li compongono, gli **involucri chimici**, che si distinguono per la loro composizione chimica.

A questi involucri terrestri, **litosfera, idrosfera, atmosfera**, deve essere aggiunta la **biosfera** e tra essi avviene la migrazione di elementi chimici. La biosfera si riferisce alla zona della crosta terrestre che si trova alla superficie del pianeta e accoglie la materia vivente. È questo uno dei possibili passaggi cruciali (altri possono essere rintracciati dall'insegnante nella predisposizione delle "offerte didattiche" particolari) che consente di strutturare la relazione tra Biologia, Scienze della Terra e Chimica.

Infatti, ogni elemento che si trova in una determinata geosfera dà luogo a composti tipici in specifiche condizioni termodinamiche. Nel passaggio a un'altra geosfera questi composti si dissolvono e ad essi ne subentrano altri, anche se questi cicli non sono completamente reversibili e una parte degli atomi esce continuamente dalla circolazione.

Un ruolo fondamentale negli **spostamenti** e nelle **reazioni degli elementi chimici** viene svolto dagli **organismi viventi**. La consapevolezza di questo ruolo ha conseguenze di grande rilievo in quanto comporta una radicale revisione delle comuni concezioni circa il rapporto tra organismo e ambiente, basate sull'idea dell'adattamento del primo al secondo.

La nozione di **adattamento** implica comunemente che la specie possa mutare al fine di adeguarsi ad una situazione naturale preesistente, già strutturata e definita prima dell'esistenza dell'organismo stesso; invece è il risultato dello sforzo dei sistemi viventi (sistemi autopoietici, autonomi) di modificarsi, in rapporto alla loro struttura interna in maniera da **conservare la corrispondenza con l'ambiente**, anche in presenza di modificazioni accentuate di quest'ultimo.

Il sistema vivente seleziona tra gli stimoli ambientali, quelli "significativi" per il suo assetto genetico e scarta quelli "non significativi", determinando la direzione e la modalità dei cambiamenti di stato interni, sia in funzione della **conservazione della**

propria organizzazione geneticamente predeterminata, sia della indispensabile corrispondenza con l'ambiente, cioè **della stabilità degli scambi** con quest'ultimo.

I processi evolutivi sono visti tradizionalmente come una progressiva ottimizzazione dell'adattamento dei sistemi rispetto all'ambiente; invece la direzione dell'adattamento è il risultato di una stretta interazione fra sistemi diversi, in funzione della **conservazione sia della continuità della organizzazione dei sistemi sia dell'equilibrio sistemi-ambiente**.

Infatti, se è vero che nessun organismo potrebbe esistere in assenza di un ambiente, altrettanto vero è che l'ambiente, inteso non come semplice scenario fisico esterno agli organismi ma come mondo in cui essi sono immersi, non ha alcun senso al di fuori del riferimento alla vita e alle sue concrete manifestazioni. Per comprenderlo e descriverlo è necessario **osservare l'organismo in azione** (inutile sottolineare le possibilità che possono essere create dall'insegnante in tale direzione, a partire dallo studio dell'ambiente circostante la scuola) e concentrare l'attenzione sul complesso delle attività che gli consentono, partendo da una serie più o meno disordinata e casuale di condizioni esterne, di **costruire gradualmente il proprio ambiente con le attività della sua stessa vita** (per esempio, il terreno su cui crescono le piante è modificato dalla loro crescita e l'atmosfera in cui vivono gli organismi muta per la loro stessa presenza).

Questa impostazione, che sostituisce la nozione di **adattamento** all'ambiente con quella di **"costruzione"** dell'ambiente, permette di evidenziare come gli organismi scelgano, sulla base della propria organizzazione interna, i "pezzi" e i "frammenti" del mondo esterno rilevanti per la loro esistenza, alterando continuamente lo scenario in cui vivono, cambiandone la struttura fisica e rendendolo più e meglio abitabile per i loro discendenti.

Questi processi di modificazione dell'ambiente ad opera degli organismi che vivono in esso possono essere analizzati in modo dettagliato e preciso attraverso lo **studio dell'attività degli organismi stessi**.

Mediante le reazioni biochimiche (fotosintesi, chemiosintesi, glicolisi, ecc.) i sistemi viventi scelgono, all'interno dell'ambiente, i **materiali funzionali alla loro crescita e li sottopongono a un processo di trasformazione tale da renderli assimilabili, cioè compatibili con le loro strutture interne**.

Si tratta, se ci pensiamo bene, di operazioni di **traduzione** da una lingua (quella del mondo esterno) a un'altra (quella di un particolare sistema vivente che opera all'interno di esso).

Il sistema vivente, grazie alla sua determinazione strutturale interna, seleziona tra gli stimoli ambientali quelli per sé significativi.

Dobbiamo allora pervenire alla consapevolezza che la biosfera è, nel suo insieme, un complesso meccanismo di trasformazione e traduzione.

È anche un **sistema interconnesso con l'ambiente extraterrestre** e, pur essendo una sottile pellicola in confronto alle dimensioni complessive della Terra, assume un'importanza enorme per le **attività chimiche** che svolge e **che condizionano la composizione stessa dell'atmosfera, delle rocce, dei giacimenti minerali**.

L'ossigeno dell'aria e dell'acqua ha più volte attraversato la biosfera, compiendo una circolazione dall'atmosfera all'idrosfera dai tempi remoti a cui risale l'apparizione delle prime piante verdi: la fotosintesi agisce da alcuni miliardi di anni utilizzando l'enorme disponibilità dell'energia solare e le grandi riserve originarie di anidride carbonica dell'aria **per formare composti organici essenziali per la vita dell'intero pianeta**.

La materia organica vegetale è, dunque, una forma di accumulo di energia solare di enormi dimensioni e, da questo punto di vista, la biosfera è allo stesso tempo una creatura del Sole e una manifestazione dei processi tipicamente terrestri.

La biosfera deve essere considerata come una regione della crosta terrestre occupata da trasformatori che cambiano le radiazioni solari (cosmiche) in energia terrestre attiva (chimica, termica, elettrica, ecc.), energia che ha cambiato e cambia radicalmente la storia e il destino del nostro pianeta.

La biosfera è una realtà terrestre e, allo stesso tempo, cosmica, che mette in comunicazione reciproca i fenomeni e i processi extraterrestri e quelli terrestri, seleziona i primi e li trasforma in forme nuove e diversificate di energia. Essa si infiltra nell'idrosfera (vita acquatica), nella parte più superficiale della litosfera (vita terrestre) e si espande nella parte più bassa dell'atmosfera (troposfera).

Considerare la composizione chimica degli organismi e il ruolo che la materia vivente e i suoi prodotti assumono nella ripartizione, dispersione, traslocazione e concentrazione degli elementi della crosta terrestre, accanto alla geochimica e in stretta correlazione con essa, consente al ragazzo di intuire che la biosfera è l'espressione della struttura e della storia degli atomi (correlata alla struttura generale del Cosmo) e degli elementi chimici in generale, l'espressione, per così dire, della struttura generale dell'Universo.