



Quaderno Ambiente e Territorio

CLIMA CHE CAMBIA

dott. Marco Cherin

(Università degli Studi di Perugia)



Introduzione

Il **clima sulla Terra** è in costante mutamento. In particolare, con il termine **cambiamenti climatici** si indicano le variazioni del clima della Terra sotto forma di uno o più parametri (temperatura atmosferica e degli oceani, precipitazioni, nuvolosità, distribuzione dei ghiacci, distribuzione degli ecosistemi, ecc.). Queste variazioni possono avvenire a **diverse scale spaziali** (regionale, continentale, globale) e **temporali** (decennale, secolare, millenaria, geologica).

La **paleoclimatologia** è la branca delle Scienze della Terra che si occupa di ricostruire i cambiamenti climatici nel corso del “tempo profondo”, ossia alla scala del tempo geologico. Queste variazioni si possono studiare attraverso le innumerevoli informazioni offerte dalle rocce e, soprattutto, dai **fossili**. Infatti, le forme di vita del passato ci forniscono una “fotografia” delle fasi climatiche attraversate dalla Terra, perché esse si adattano di volta in volta a vivere in condizioni ambientali diverse.

Analizzando i cambiamenti del clima nel tempo profondo, si è scoperto che spesso essi avvengono in modo ciclico, come nel caso dell’alternanza tra **fasi glaciali e interglaciali**. Questa alternanza è dettata prevalentemente da **fattori astronomici**, come la forma dell’orbita terrestre (che descrive un’ellisse che si “appiattisce” e si “allarga” nel corso del tempo), l’inclinazione dell’asse terrestre (ossia l’asse immaginario che passa per i Poli) e l’orientazione del globo terrestre rispetto al sole. Accanto a questi fenomeni ciclici, ogni tanto sulla Terra accadono **eventi catastrofici straordinari** come attività vulcaniche anomale o caduta di grandi meteoriti, capaci di provocare reazioni a catena sul clima per periodi di tempo lunghissimi e modificare la storia della Vita. Le **estinzioni di massa** sono un chiaro esempio di questi fenomeni.

Le rocce presenti in Umbria raccontano una storia lunga circa 200 milioni di anni. Per la maggior parte, si tratta di una storia “sottomarina”. Molti degli strati rocciosi che costituiscono i rilievi (la **dorsale umbro-marchigiana**) si sono infatti formati in contesti marini più o meno profondi. Lo studio di queste successioni permette di ricostruire con grande dettaglio l’evoluzione geologica, biologica e climatica della cosiddetta “**Umbria sommersa**”. Con il sollevamento dell’Appennino, iniziato circa 15 milioni di anni fa, l’Umbria è lentamente emersa dalle acque e



ha assunto l'aspetto attuale. Il "ponte" continentale con il resto della Penisola e dell'Europa ha permesso l'arrivo di flore e faune diversificate, di volta in volta adattate a un clima in continua trasformazione.

Attraverso le esposizioni dei musei della Valle Incantata (il **Geolab di Sangemini**, il **Paleolab di Terni** il **Museo di Storia Naturale di Stroncone**) e delle meraviglie geologiche e paleontologiche del territorio, questo percorso didattico si prefigge di raccontare i principali cambiamenti climatici avvenuti alle nostre latitudini nel tempo profondo e di offrire così importanti spunti di riflessione sulle responsabilità umane nei recenti **stravolgimenti climatici e ambientali**.



1ª Tappa – Geolab Sangemini, Sala 1

Il percorso inizia nella prima sala del Geolab. In particolare, ci soffermiamo sulla **Macchina dei continenti**, un'installazione che permette di osservare la disposizione delle masse continentali della Terra nel corso del tempo profondo (150 milioni di anni fa, 75 milioni di anni fa, oggi e... tra 150 milioni di anni!). Lo spostamento delle masse continentali è spiegato dalla **Tettonica delle Placche** (vedi *Percorso 1*). Quello che qui ci interessa è che il modo con cui i continenti si sono spostati nel tempo ha anche influenzato il clima: la distribuzione della terraferma e degli oceani è in grado di modificare, anche in modo significativo, parametri ambientali come le precipitazioni, i venti, le correnti oceaniche. Inoltre, se da un lato il clima influenza la distribuzione degli **ecosistemi** (come le foreste pluviali nelle aree intertropicali), vale anche il contrario! Pensiamo al ruolo delle grandi foreste nella sottrazione di CO₂ dall'atmosfera grazie alla **fotosintesi clorofilliana** e quindi al loro ruolo nella riduzione dell'**effetto serra**.

2ª Tappa – Geolab Sangemini, Sala3

Nella Sala 3 del Geolab ci concentriamo dapprima sul pannello che spiega la formazione dei fossili. La branca della paleontologia che studia questi fenomeni si chiama **tafonomia**, dal greco *tàfos*, seppellimento e *nòmos*, legge: le leggi del seppellimento.

La fossilizzazione è un evento raro. Un organismo vissuto nel passato, una volta morto, può andare incontro a innumerevoli fenomeni biologici (es. decomposizione della sostanza organica), chimici (es. interazione con i liquidi in cui si trova immerso) e fisici (es. trasporto da parte di correnti), che normalmente portano alla sua completa distruzione. In casi eccezionali, tuttavia, i resti dell'organismo possono essere ricoperti da sedimenti prima che questi agenti ne provochino la scomparsa. Una volta sepolti, i resti si comportano come i sedimenti stessi che li contengono: con il passare del tempo profondo, subiscono trasformazioni chimiche (es. si arricchiscono di certi elementi, diventando più pesanti e cambiando colore) e fisiche (es. si schiacciano e si deformano), e si trasformano in fossili. Un fossile, quindi, non è altro che un



qualsiasi resto di un organismo vissuto nel tempo profondo che ha compiuto un **“viaggio” dalla biosfera alla litosfera**, ossia che troviamo all’interno delle rocce.

I fossili sono tra gli strumenti più importanti per lo **studio del clima del passato**, perché ci danno informazioni sul tipo di ambiente in cui un determinato organismo è vissuto.

3ª Tappa – Geolab Sangemini, Sala 3

Al centro della sala gli studenti possono osservare un plastico che ricostruisce le principali fasi della formazione dell’Umbria: lo **sprofondamento** degli antichi fondali della Tetide, il **sollevamento** della catena appenninica, la **distensione** della catena con la formazione di valli e depressioni. In corrispondenza delle varie fasi, si può rispondere a domande sulle principali rocce umbre formatesi nelle varie fasi. La prima roccia è un frammento di **Calcere Massiccio**, una roccia che si è formata all’inizio del Giurassico (circa 190-200 milioni di anni fa) in un ambiente di **piattaforma carbonatica** di acqua bassa, simile a quello che oggi troviamo alle Bahamas. Un ottimo “indicatore”, quindi, di un clima decisamente diverso da quello attuale.

4ª Tappa – Geolab Sangemini, Sala 4

Spostiamoci nella Sala 4 del Geolab e guardiamo a sinistra: un pannello ci racconta la storia della **Gola del Bottaccione** di Gubbio. La successione stratigrafica che possiamo ammirare in questa stretta valle è un vero e proprio “libro” geologico lungo più di 100 milioni di anni, da sfogliare “strato per strato”! Queste rocce continuano a raccontare la lunga storia dell’Umbria sommersa. Due livelli sono di particolare interesse. Al passaggio tra le formazioni geologiche dette **scaglia bianca** e **scaglia rossa**, è presente uno strato argilloso nerastro, il **“livello Bonarelli”**, formatosi circa 94 milioni di anni fa. Il colore scuro è dovuto alla grande abbondanza di sostanza organica, ossia resti di organismi. Questo strato si è formato in un periodo in cui la quantità di ossigeno disciolto negli oceani si abbassò molto, probabilmente in corrispondenza di un forte innalzamento delle temperature globali.



Un po' più in su nella Gola del Bottaccione è presente il famoso **"livello a iridio"**, antico circa 65 milioni di anni. La scoperta di questo livello da parte del gruppo di scienziati guidati dal geologo americano Walter Álvarez è stata davvero sensazionale. L'iridio è un metallo molto raro nella crosta terrestre, quindi la sua grande concentrazione nel "livello a iridio" rappresentava un vero rompicapo, finché i ricercatori non ipotizzarono che esso potesse provenire dall'impatto di un gigantesco meteorite che, colpendo la Terra, avrebbe rilasciato nell'atmosfera grandi quantità di iridio e provocato grandi sconvolgimenti climatici e ambientali. Oggi sappiamo che un meteorite si è davvero schiantato sulla Terra, nella Penisola dello Yucatan, circa 65 milioni di anni fa e che l'impatto fu responsabile di una delle più importanti **estinzioni di massa** nella storia della Vita, quella che portò alla scomparsa dei **dinosauri** e di moltissimi altri organismi! Questa "lezione" ci insegna che sebbene **il clima sulla Terra cambi continuamente e lentamente**, spesso in modo ciclico, alcuni eventi catastrofici, come un meteorite, possono alterare questa ciclicità, portando a cambiamenti drammatici spesso geologicamente "rapidi".

5ª Tappa – Paleolab Terni

I **fossili di mammiferi** esposti al Paleolab ci mostrano una "fotografia" dell'Umbria nel Pleistocene, circa 1,8 milioni di anni fa. A quel tempo, il territorio aveva un aspetto simile a quello attuale: si era conclusa la lunga storia dell'Umbria sommersa, perché l'innalzamento dell'Appennino aveva portato all'emersione di quasi tutto il territorio (a parte poche porzioni a Ovest, tra Città della Pieve e Orvieto, ancora sommerse lungo le antiche coste dell'attuale Mar Tirreno). Eppure, sebbene in un contesto geomorfologico simile, l'Umbria stava attraversando fasi climatiche ben diverse da quella moderna. All'inizio del Pleistocene si hanno alternanze tra **fasi glaciali e interglaciali**, a un ritmo di circa 40000 anni ciascuna. Alla fine del Pleistocene (vedi tappa successiva), si avranno alcune glaciazioni molto intense.

I mammiferi del Paleolab ci raccontano una **"storia interglaciale"**. Il grosso e snello bovino *Leptobosetruscus*, il daino *Pseudodama nestii*, il suino *Susstrozii*, il rinoceronte



Staphanorhinusetruscus, il cavallo “zebroide” *Equusstenonis*, il mammut *Mammuthusmeridionalis*, la iena gigante *Pachycrocutabrevirostris* e il felino dai denti a sciabola *Megantereoncultridens* hanno prosperato in tutta l’area mediterranea durante i periodi temperato-caldi del Pleistocene, quando la Valle Incantata era solcata da grandi fiumi, bagnata da laghi oggi scomparsi e ricoperta di rigogliose foreste alternate a praterie.

6ª Tappa – Museo di Storia Naturale di Stroncone

Nella prima parte del Museo, gli studenti hanno la possibilità di fare un veloce “ripasso” su alcuni aspetti appresi nelle tappe precedenti. Le vetrine e i pannelli dedicati alla **storia dell’Appennino umbro-marchigiano** ripercorrono l’evoluzione geologica e climatica di quest’area, anche attraverso bellissimi campioni di rocce e fossili.

Sofferamoci però sulla fine del percorso del Museo, nella sezione dedicata alle **grotte**. Le grotte sono ecosistemi unici. Le condizioni ambientali interne (temperatura e umidità costanti, scarsa luminosità, ecc.) fanno sì che solo pochi organismi molto specializzati possano viverci. Le stesse condizioni fanno anche sì che le grotte rappresentino uno straordinario “archivio geologico”, ricco di informazioni sull’evoluzione climatica avvenuta nel corso del tempo profondo. Ad esempio, le stalattiti e le stalagmiti, “memorizzano” le caratteristiche sia dell’acqua che le ha prodotte sia degli avvenimenti che hanno inciso sulla loro formazione, quindi studiando la loro forma e composizione chimica, è possibile ricostruire le variazioni climatiche dell’ambiente esterno. Inoltre, l’analisi dei depositi detritici trasportati nelle grotte, ad esempio, dai fiumi, fornisce ulteriori indicazioni sul clima dell’ambiente circostante.

In una delle vetrine del Museo è esposto un bellissimo cranio **fossile di stambecco**, proveniente dalla **Grotta del Monte Cucco**. Lo stambecco è un ungulato tipicamente adattato a climi freddi, che oggi troviamo solo sulle vette alpine. La presenza dello stambecco in una grotta umbra è una testimonianza interessantissima di una **fase glaciale** del Pleistocene superiore, ossia di un periodo in cui, grazie al clima molto freddo, questi animali si diffusero molto più a Sud delle Alpi, giungendo fino all’Italia centrale!

Scuola Primaria e Secondaria di Primo Grado

Proposta di attività 1 – *Vertebrati e invertebrati*

1. *Da dove partire*

Geolab Sangemini: Fossili di ammoniti

Museo Stroncone: Fossili di molluschi marini umbri

Paleolab Terni: Fossili di mammiferi terrestri

2. *Breve descrizione dell'attività*

Le vetrine dei tre musei della Valle Incantata contengono fossili di tanti animali diversi, sia per età che per gruppo di appartenenza. Al Geolab troviamo, ad esempio, alcuni blocchi di roccia con ammoniti, antichi molluschi cefalopodi con conchiglia avvolta a spirale molto comuni dei mari di tutto il mondo durante l'Era Mesozoica (si sono estinti assieme ai dinosauri nella famosa estinzione di massa 65 milioni di anni fa). Al Museo di Stroncone troviamo altre ammoniti scoperte nelle rocce mesozoiche dell'Appennino umbro-marchigiano, ma anche altri molluschi, stavolta soprattutto gasteropodi e bivalvi, provenienti dalle argille marine del Pliocene e Pleistocene (circa 2-3 milioni di anni) dell'Umbria occidentale. Al Paleolab, infine, sono esposte le ossa fossili dei mammiferi del Pleistocene del Bacino Tiberino (circa 1,8 milioni di anni).

3. *Domande*

- Qual è la differenza tra **invertebrati e vertebrati**?
- Quali **gruppi** di invertebrati e vertebrati conosciamo?
- In quali **habitat** (marini e continentali) sono distribuiti negli ecosistemi moderni?

Scuola Primaria e Secondaria di Primo Grado

Proposta di attività 2–*Estinzioni di massa*

1. *Da dove partire*

Geolab Sangemini: La Gola del Bottaccione

2. *Breve descrizione dell'attività*

La storia della Vita sulla Terra ha attraversato alcuni grandi momenti di “crisi”, detti estinzioni di massa. Durante questi periodi, si è estinto un numero impressionante di specie, sia in ambiente marino che continentale, in tempi relativamente brevi rispetto al naturale “ritmo” dell’Evoluzione biologica (ossia la comparsa di nuove specie, o “speciazione”, e la loro estinzione). Mentre le cosiddette “estinzioni di base”, ossia quelle che riguardano una singola specie o poche specie, sono generalmente legate a cambiamenti climatici e ambientali (es. glaciazioni), le estinzioni di massa sono avvenute in concomitanza con eventi catastrofici. Nella Gola del Bottaccione è stata formulata una delle più affascinanti teorie sulle estinzioni di massa.

3. *Domande*

- Quante e quali **estinzioni di massa** sono state riconosciute dai paleontologi durante la Storia della Vita e quali principali **gruppi di organismi** hanno coinvolto?
- Quali sono le **cause più accreditate** delle principali estinzioni di massa?
- Spesso si dice che l’uomo è responsabile della “**sesta estinzione di massa**”. Perché?

Scuola Secondaria di Secondo Grado

Proposta di attività 1–Uomo e clima

1. Da dove partire

Geolab Sangemini: Macchina dei continenti

2. Breve descrizione dell'attività

Durante il Percorso abbiamo imparato che il clima sulla Terra è in continuo cambiamento. In tempi molto lunghi (migliaia di anni), la Terra cambia spesso orientazione ruotando intorno al Sole, i continenti si spostano (Tettonica delle Placche), montagne s'innalzano, oceani si espandono, ghiacciai si formano e poi si sciolgono. Tutti questi fenomeni modificano il clima secondo cicli naturali, molto lenti e gradualmente. Il famoso "effetto serra" non è stato "inventato" dall'uomo, ma permette la vita stessa sul Pianeta. Qual è quindi la colpa dell'uomo? Le attività umane stanno alterando i cicli naturali e provocano cambiamenti climatici molto più velocemente di quanto la natura abbia mai fatto in passato.

3. Domande

- Che cos'è l'**effetto serra**?
- Quali **attività umane** portano a un aumento del "naturale" effetto serra?
- Quali **effetti** provocano sul clima queste attività umane?
- Esistono **risorse energetiche rinnovabili**, il cui sfruttamento avrebbe minore impatto sul clima e l'ambiente?



Proposta di attività 2–Evoluzione biologica

1. Da dove partire

Museo Stroncone: Fossili di ammoniti

2. Breve descrizione dell'attività

Molte rocce dell'Appennino umbro-marchigiano sono ricche di fossili di organismi marini vissuti nell'Oceano Tetide, sul cui fondale le rocce stesse si sono formate per lento accumulo di sedimenti. Le ammoniti (o, meglio, gli ammonoidi), molluschi cefalopodi molto comuni durante l'Era Mesozoica, sono spesso usati dai paleontologi per studi evolutivisti basati sul vecchio concetto del "gradualismo filetico", derivante dalle teorie di Charles Darwin. Oggi, la biologia evolutivistica ha fatto passi da gigante, benché i fondamenti delle attuali teorie debbano ancora molto al loro padre fondatore.

3. Domande

- Quali sono i principi e le innovazioni della **teoria dell'evoluzione per selezione naturale** di Darwin?
- Come possiamo spiegare l'**influenza dei cambiamenti ambientali** (come il clima) sui processi evolutivi?
- Quali altri **modelli** sono stati proposti per spiegare i meccanismi dell'evoluzione biologica a integrazione della visione classica darwiniana?