

ANTROPOCENE, IL TEMPO GEOLOGICO CHE STIAMO VIVENDO

9,00 – **Breve introduzione al tema.** Claudio D'Amico (Socio Linceo, Prof. Emerito, Università di Bologna)

9,10* - **Il tempo geologico profondo.** Federico FANTI (Ricercatore Museo Geologico "Giovanni Capellini") e Giambattista VAI (Professore emerito, Università di Bologna)

10.10* - **La transizione olocenica e la rivoluzione neolitica: cosa è cambiato nella biologia e nei comportamenti di Homo sapiens.** Maria Giovanna BELCASTRO (Professore di Antropologia, Università di Bologna)

11,10* - **Custodire il pianeta nel tempo dell'Antropocene.** Vincenzo BALZANI (Socio Linceo, Professore emerito, Università di Bologna)

12,10 – 13 Discussione generale

**Gli ultimi 10 minuti di ogni lezione possono essere destinati ad eventuali domande del pubblico.*

INTRODUZIONE E RIASSUNTI DELLE LEZIONI

Introduzione e brevi riflessioni

CLAUDIO D'AMICO

Antropocene è un termine concepito poco più di un decennio fa e sviluppatosi poi rapidamente per indicare il tempo geologico attuale, quando l'influenza tecnologica e socio-economica dell'uomo sulla vita del pianeta Terra, e in particolare sul clima e sull'occupazione del territorio, è diventata di un'importanza determinante.

Come tutti i concetti scientifici nei primi tempi del loro sviluppo, con il loro seguito di definizioni, limiti, argomentazioni, anche il concetto di *Antropocene* pone molti problemi e non ha visto certamente ancora la sua espressione definitiva, ma è piuttosto tema di discussioni e contrasti.

Noi lo presentiamo qui in un contesto geologico, poiché la sua stessa denominazione si pone nella sequenza dei tempi geologici più recenti (...Pleistocene → Olocene → *Antropocene*), ma proprio tra i geologi il concetto si scontra con un alto numero di resistenze e incertezze, mentre pare bene accolto tra gli ambientalisti e i climatologi. La difficoltà maggiore per parecchi geologi sta nella definizione del suo inizio e dei parametri stratigrafici che possono definire tale inizio. In particolare una fondamentale critica che viene opposta all'uso di questo termine risiede nella difficoltà di scegliere una località, e relativa successione-tipo, che, come per qualunque altro intervallo presente nella scala del tempo geologico, possa rappresentare un termine di paragone fisico, a scala globale, a disposizione di chiunque. Ciò porta al rifiuto da parte di parecchi geologi, ma anche alla vivace ricerca da parte di altri, convinti dell'utilità della definizione, in particolare su una sua pur difficilissima, ma tendenzialmente precisa definizione stratigrafica.

Se cerchiamo una ragione di questo ampiamente sfumato campo di divergenze, probabilmente la possiamo trovare nella definizione fortemente telescopica dei tempi geologici: si veda la durata lunghissima dei primi periodi geologici (Archeano, Archeozoico) gradualmente diminuite nei pur lunghissimi tempi successivi (Cambriano.....Permiano....Cretaceo....Eocene ecc.), come sarà ben detto nella prima lezione.

Si contrappongono a ciò il tempo brevissimo (max pochi secoli, ma per alcuni solo decenni (le prime esplosioni atomiche) della definizione stretta di *Antropocene* o anche i pochi millenni dei suoi primi vagiti "antropocenici" che riscontriamo con la

rivoluzione neolitica dell'Olocene (trattata nella seconda lezione). Questi sono un lasso di tempo minimo rispetto al passaggio tra i ben studiati periodi geologici dal Paleozoico in poi, il cui passaggio stratigrafico è ben definito ma comprende tempi certamente molto più lunghi di pochi secoli o decenni. Durante questi periodi di passaggio prendono corpo significative indicazioni paleontologiche, stratigrafiche e ambientali, ripetutamente verificate in aree diverse, che giustificano la classificazione dei cambi di periodo nelle sequenze stratigrafiche.

Oltre alle difficoltà del tempo breve dell'*Antropocene*, per i geologi si pone un ulteriore problema. Essi sono ben consci dei molti cambiamenti ambientali e climatici (anche molto drammatici) che hanno caratterizzato l'evoluzione del globo, per cui alcuni sono anche restii a considerare che i cambiamenti attuali, pur umanamente vissuti come drammatici, siano determinati soltanto o anche solo principalmente dall'attività umana, ma possano rientrare in cicli geologici di lungo periodo aventi cause naturali. Questo atteggiamento, che la polemica politico-ambientale considera talora ideologico, è in realtà un punto di vista scientificamente legittimo derivato dalla conoscenza di storia geologica, che non deve essere scartato, ma far parte della discussione scientifica, assieme al punto di vista diverso, accettato da altri geologi e dagli ambientalisti, che l'attività umana (dalla deforestazione e allevamento neolitico, questi con influssi modesti, alla rivoluzione industriale e ai consumi energetici con influssi sempre crescenti, importanti e drammatici) è stata un fattore importante e ormai determinante sui principali parametri climatici e ambientali. Questa tematica sarà bene argomentata dalla terza lezione.

Come nelle vicende umane che diventano temi di politica globale, alle pure considerazioni scientifiche si possono intrecciare interessi e situazioni territoriali e storico-evolutive diverse, spinte economiche e speculative, sensibilità ambientali e sociali differenti. Da queste vorremmo prescindere in questa sede, per cercare di evidenziare l'aspetto scientifico del problema, con l'onestà intellettuale che deve essere propria di ogni approccio scientifico.

La Scienza non è dogma, se fosse dogma non sarebbe Scienza. E' lavoro paziente, onesto, umile (o almeno lo dovrebbe essere), di lunga durata con tappe di diversa velocità, con un susseguirsi di correzioni, revisioni, puntualizzazioni, falsificazioni (nel senso di Popper), verifiche e riprese, dominata dal pensiero critico e aperto alle opinioni diverse, purchè suffragate da dati e ragionamenti corretti e verificabili. Non attendetevi perciò in questa sede racconti semplici e lineari, ma informazioni e ragionamenti impegnativi, che non arriveranno ad una conclusione univoca (la nostra tematica del resto è immatura per questo), ma vi faranno sentire immersi in grandi idee in evoluzione. Noi speriamo che sollecitino le vostre sensibilità intellettuali e diano un contributo alla comprensione corretta della natura della Scienza, attraverso l'esempio di uno dei suoi moltissimi campi.

Il tempo geologico profondo

GIAMBATTISTA VAI, FEDERICO FANTI

Alcuni "eternalisti" (es. Lucrezio) hanno parlato di un cosmo di età "in"-de-"finita", ma Agostino ha chiarito che il tempo, anche se "immenso", è il contrario dell'eternità ed è inseparabile da moto, spazio e cambiamento.

In pratica però il tempo geologico = età della Terra a lungo è stato ritenuto un equivalente dell'età della storia, cioè $<10^4$ anni (a) Dal 1600-1700 i geologi iniziano ad arrivare a 10^5 a. Con il 1800 passano a 10^8 (con i fisici fermi a 10^6). E dal 1950 a $4,5 \times 10^9$ (merito del decadimento radioattivo). In sostanza, siamo passati da un'età della Terra di ascendenza biblico-anglicana (6000 a) a un'età scientifica di vari miliardi. Questa è la maggior rivoluzione conoscitiva della storia, *non ancora* digerita dalla cultura, esclusa parte dei geologi e degli astrofisici. Gli stessi geologi sono rimasti sbalorditi dell'ultimo incremento. Questo significa che il mondo in cui viviamo non può essere capito guardando il passato, né predetto rivolti al futuro, se non forzando il

senso comune, per il quale il vero percepito non risale a oltre la propria generazione (30 anni). Ma fare questo è molto difficile. Così, ad es., tutto il mondo dei disastri naturali ciclici (terremoti, eruzioni vulcaniche, alluvioni, frane) rimane fuori dal nostro vissuto e ne veniamo sempre colti di sorpresa.

Un esempio di quanto poco questa rivoluzionaria concezione del tempo tocchi lo scienziato come l'uomo comune è l'ilarità compiaciuta che suscitano domande e risposte sull'età ultramilionaria di gran parte dei fossili.

E' difficile avere memoria storica dello sterminio degli Ebrei. Figuratevi che cosa accade della memoria geologica. Ma il tempo geologico lungo consente l'esplicarsi di processi naturali che il tempo di memorizzazione umana (1 generazione) fa ritenere insensati (contro il senso comune): come un terremoto in una pianura. Ne è altro esempio l'infatuazione sostanziale (oltre che etimologica) dell'Antropocene che attribuisce all'uomo tutto ciò che avviene oggi in natura, perché lo vede con l'ottica distorta di un 'modello' in cui mancano parametri geologici. Non ci sorprenda se quel modello possa essere incerto, se non anche sbagliato.

Uno degli strumenti più utili per avere delle informazioni su come e quanto il pianeta sia stato soggetto e oggetto di cambiamenti importanti è proprio il Tempo Profondo. Attraverso lo studio rigoroso della storia della vita sul pianeta così come ci viene svelata dai fossili e in grande parte anche dai sedimenti che li hanno preservati è possibile conoscere i grandi cambiamenti e le grandi 'catastrofi' che si sono succedute per milioni di anni. Vita e ambiente, infatti, non sono connesse solo oggi, lo sono sempre state, anche se risulta difficile apprezzare eventi di adattamento, estinzione, speciazione su una scala temporale non comune al mondo frenetico di oggi. Molti eventi che oggi osserviamo in tempo reale e che ci mettono di fronte a domande importanti sono già avvenuti in passato e, in un modo o nell'altro, il Sistema Terra ha sempre trovato un modo per andare avanti. Ogni volta che importanti parametri come temperatura, variazioni nella composizione dell'atmosfera, oscillazioni del livello del mare, desertificazioni o glaciazioni hanno modificato il clima e gli ecosistemi, la vita ha reagito trovando nuove forme di adattamento. Il modo migliore per descrivere – non necessariamente comprendere - quanto sia successo in passato e studiare la storia della vita nelle sue diverse forme, e di inquadrare il cambiamento come la vera certezza nella storia del Pianeta.

La transizione olocenica e la rivoluzione neolitica: cosa è cambiato nella biologia e nei comportamenti di *Homo sapiens*.

MARIA GIOVANNA BELCASTRO

Ciò che ci rende unici rispetto ad altre specie animali è che siamo bipedi, con un grande cervello, dotati di un linguaggio articolato, siamo oltre 7 miliardi ma tutti di un'unica specie (*Homo sapiens*). Nessuna specie ha una distribuzione così ampia e ubiquitaria – adattata a vivere stabilmente in ambienti molto diversi da quelli africani di origine e anche estremi (deserto, alta quota, zone artiche) - ad eccezione dei microrganismi e parassiti nostri ospiti. La storia di *Homo* inizia circa 2.5 milioni di anni fa in Africa nella transizione Pliocene/Pleistocene, caratterizzata da inaridimento e raffreddamento climatico con formazione di nuovi biomi quali la savana. In questo ambiente difficile per l'approvvigionamento delle risorse e per la sopravvivenza, bipedismo obbligato, liberazione definitiva della mano da funzioni locomotorie, aumento delle dimensioni cerebrali (da 600 cc nei primi *Homo* a 1400 cc nell'uomo attuale), produzione della prima tecnologia litica e introduzione di nuovi alimenti hanno rappresentato risposte adattative biologiche e comportamentali del tutto inedite.

Da quel momento si sono succedute nel tempo diverse forme (specie fossili) di *Homo* fino ad arrivare alla comparsa di *Homo sapiens* circa 200 000 anni fa in Africa. Fino alla fine del Paleolitico, circa 10 000 anni, e in ambienti anche molto diversi, *Homo* è stato caratterizzato da uno stile di vita da cacciatore-raccoglitore. Nella transizione Pleistocene/Olocene, in cui ormai era presente solo *Homo sapiens* con la

sua forma moderna dal punto di vista biologico e in tutte le terre emerse, si sviluppa in centri indipendenti la prima grande transizione culturale, quella del Neolitico che porta a profondi cambiamenti nei comportamenti e nella biologia delle popolazioni umane: l'uomo diventa stanziale, edificando veri e propri villaggi, agricoltore, addomesticatore, allevatore e produttore di cibo trasformando e sfruttando le risorse del territorio. I contadini neolitici si espandono rapidamente in tutto il mondo (in Europa con una velocità di 1-2 km/anno) diffondendo le nuove tecnologie e le nuove ideologie. La rapida espansione, la crescente pressione demografica (stimati circa 0.01/Km² uomini 1 milione di anni fa; 2.6/Km² uomini 6 000 anni fa), la promiscuità tra umani e tra umani e animali e l'insorgenza di nuove malattie infettive modificano anche la biologia delle popolazioni neolitiche.

Diversamente dalla transizione plio/pleistocenica in cui l'uomo sperimenta strategie adattative biologiche e comportamentali per reagire alla pressione selettiva dei cambiamenti ambientali, nella transizione pleistocene/olocene le cause che portano alla transizione neolitica solo in parte possono essere rintracciate nella crisi ecologica post-glaciale, anche tenendo conto che il processo di neolitizzazione si afferma in centri indipendenti e molto lontani geograficamente. Già nel Paleolitico superiore in aree mediterranee si possono individuare forme di preadattamento al neolitico per il rafforzamento del legame al territorio, attraverso i rituali funerari, e per l'ampio uso di cereali nell'alimentazione.

Si può comunque affermare che di quelle trasformazioni verificatesi in epoca post-glaciale nell'ambiente, nella tecnologia, nello stile di vita, nella biologia delle popolazioni umane, quanto nell'arte e nel simbolismo, ancora oggi si colgano gli effetti. Il Neolitico rappresenta la prima forma di globalizzazione perché realizzata dall'unica forma umana emergente dal processo evolutivo (*Homo sapiens*) che ha proposto e imposto (laddove l'ambiente lo consentiva) lo stesso modello culturale basato sull'economia produttiva, relegando ad aree sempre più circoscritte sparuti gruppi umani dediti ad un'economia di sussistenza basata prevalentemente su attività di caccia, pesca e raccolta.

Custodire il pianeta nell'epoca dell'Antropocene

VINCENZO BALZANI

La Terra è una specie di grande astronave che viaggia nell'infinità dell'universo. E' un'astronave che non potrà mai atterrare in nessun luogo per far rifornimento o per essere riparata e dalla quale non si può scendere.

Da circa due secoli l'attività dell'uomo sulla Terra è aumentata in modo enorme a causa della crescente disponibilità di energia e del contemporaneo sviluppo della scienza e della tecnologia. Negli ultimi 50 anni c'è stata un'ulteriore accelerazione, con importanti conseguenze sullo stato del pianeta: il consumo, al limite di un loro esaurimento, di alcune risorse naturali, la produzione di molti tipi e di grandi quantità di materiali nuovi, la diffusione su scala globale di sostanze inquinanti, i cambiamenti climatici causati dalle emissioni di gas serra, l'alterazione dei rapporti fra le specie e la disseminazione di sostanze radioattive. Usando la metafora dell'Astronave, si può dire che l'uomo si è insediato nella cabina di comando: non può modificarne la rotta, ma ha alterato e può ulteriormente manipolare le regole e i meccanismi di funzionamento dell'astronave; se vuole, può addirittura distruggerla. Il presente modello di sviluppo non è sostenibile: non lo è dal punto di vista ecologico e neppure dal punto di vista sociale a causa delle grandi e sempre crescenti disuguaglianze.

E' necessario quindi adottare un nuovo modello di sviluppo capace di proiettarci verso un mondo sostenibile, basato sul risparmio nell'uso delle risorse della Terra, rispettoso dell'ambiente e della persona umana. Non sembra che molti siano consapevoli della sfida che abbiamo di fronte. La prima cosa da fare, quindi, è informare ed educare le persone per costruire una solida base culturale.

Un ruolo fondamentale, nel bene e nel male, è giocato dall'energia: attualmente l'umanità brucia *ogni secondo* 250 tonnellate di carbone, 1000 barili di petrolio e 105.000 metri cubi di gas. L'immensa quantità di anidride carbonica generata da

questa combustione è causa dell'effetto serra, accompagnato da cambiamenti climatici già in atto, che si prevede possano diventare catastrofici. Nella conferenza di Parigi del dicembre 2015, svoltasi sotto l'egida dell'ONU, tutte le nazioni del mondo hanno riconosciuto che frenare l'aumento della temperatura del pianeta è la sfida più importante che l'umanità si trova ad affrontare. Si è giunti così ad un accordo di massima per ridurre con urgenza il consumo dei combustibili fossili, molto prima che si giunga al loro esaurimento. E' possibile farlo con risparmio energetico, aumento della efficienza nelle trasformazioni delle energie primarie in energie di uso finale e, soprattutto, sviluppando le energie rinnovabili fornite, direttamente o indirettamente, dal sole. Attualmente il contributo maggiore di energia rinnovabile viene dall'idroelettrico. Sono però in forte sviluppo il fotovoltaico, che converte la luce solare in energia elettrica e l'eolico, sia su terra che in mare, che pure produce energia elettrica. Va sottolineato che il fotovoltaico, processo inventato dall'uomo, converte l'energia solare in energia elettrica con una efficienza del 15-20%, duecento volte maggiore dell'efficienza con cui la fotosintesi naturale converte l'energia solare in energia chimica. Poiché le fonti rinnovabili generano energia elettrica e non combustibili, è facile prevedere che avverranno (anzi, stanno già avvenendo) cambiamenti sostanziali in alcune attività fondamentali dell'uomo, ad esempio nel settore dei trasporti.