STORIA DEL CLIMA DELLA TERRA

Note a cura dell' Ing. Livio Fasiani

1. Premessa

Descrivere l'evoluzione del clima della Terra nel corso della sua esistenza è cosa ben diversa dal prevederne il futuro climatico. Così come scrivere la storia della civiltà è cosa ben diversa dal prevederne l'evoluzione. L' impostazione di questa conversazione e rigorosamente fattuale e orientata alla descrizione e, ove possibile, alla spiegazione di eventi passati. Ci renderemo presto conto che il clima è determinato dall' esito del conflitto di molteplici contrastanti forze, il cui predominio è spesso determinato da cause imprevedibili. In sostanza si tratta di un sistema complesso a comportamento caotico.
Può servirci, per facilitare la comprensione, un paragone con la borsa: l'andamento dell'indice di borsa è determinato dal bilanciamento di cause che inducono all' offerta e cause che inducono alla domanda, cause per lo piu' assai mutevoli e imprevedibili. Non è quasi mai possibile prevedere come andrà la borsa domani, ma tutti vi spiegheranno a posteriori perché' è logico che sia andata così.
Lo stesso avviene di sovente in paleoclimatologia: le spiegazioni sono prevalentemente ex-post. Ciò non toglie che si possano trarre indicazioni preziose per comprendere ciò che sta avvenendo oggi sul nostro pianeta e mettere alla prova sugli eventi del passato i modelli climatologici proposti. Vedremo che i risultati non sono molto lusinghieri e che gli eventi del passato mal si conciliano con i modelli moderni.

2. Il boom della Paleoclimatologia

La conoscenza del clima del passato è enormemente migliorata in precisione e definizione negli ultimi vent'anni. Grazie alla micropaleontologia e al decisivo miglioramento dei processi di frazionamento isotopico, si è ottenuto l'effetto di mettere a fuoco le variazioni climatiche su scale temporali molto piu' ridotte. Quella che sembrava una superficie liscia, con variabilità su scala di milioni di anni, oggi si è rivelata come una situazione in incessante evoluzione su scala secolare, salvo alcune eccezioni accertate ma inspiegate, come il lungo periodo caldo che ha accompagnato il regno dei dinosauri. Gli indicatori che permettono di stimare le temperature passate sono forniti essenzialmente dalla ' analisi dei frazionamenti isotopici caratteristici di alcune reazioni chimiche sia inorganiche che organiche. La temperatura a cui avvengono seleziona preferenzialmente alcuni isotopi e permette di determinare la temperatura ambientale dell'epoca di formazione dei depositi.
Purtroppo, i residui del passato sono ridotti fortemente dal fenomeno planetario del ricircolo della superficie. I fondali marini sono riciclati all' interno del mantello terrestre in circa 200 Milioni di anni. La crosta terrestre è soggetta ad erosione continua e a cicli di subsidenza e riemersione con nuova erosione. Il risultato è la graduale rarefazione delle rocce piu' antiche, intervallata da lunghi gap temporali in cui l'erosione ha prevalso ed eliminato ogni traccia. È un po' come esaminare le scatole nere dopo un disastro aereo: qualcosa si salva ma molto va perduto.

3. *L' equazione fondamentale dell' equilibrio termico planetario*

Un primo approccio schematico allo studio del clima è il calcolo del bilancio energetico del pianeta. In situazione di equilibrio l'energia ricevuta deve essere uguale all' energia emessa. L' energia ricevuta è quella intercettata dai raggi solari e che dipende dalla temperatura superficiale del sole, dal diametro del pianeta, dalla sua distanza e dal grado di assorbimento della superficie. Questa riflettività e un parametro variabile a seconda del tipo di superficie e viene chiamato "Albedo".
L' albedo è pari a 0 per un corpo perfettamente nero e pari a 1 per un corpo che riflette il 100% dei raggi incidenti, come uno specchio. Tutte le altre superfici hanno un valore di albedo compreso fra zero e 1. Ecco alcuni esempi di albedo:

Superficie	Valore di albedo tipico
Asfalto fresco	0.04[2]
Oceano aperto	0.06[3]
Asfalto consunto	0.12[2]
Foresta di conifere (In estate)	0.08,[4] da 0.09 a 0.15
Latifoglie	0.15-0.18
Suolo libero	0.17[5]
Erba verde	0.25[5]
Sabbia del deserto	0.40[6]
Cemento fresco	0.55[5]
Ghiaccio oceanico	0.5–0.7[5]
Neve fresca	0.80–0.90[5]
Pianeta Terra	0,39

Quella emessa è la emissione radiativa del pianeta verso lo spazio che dipende dalla temperatura del pianeta e dal suo diametro. In assenza di atmosfera l'equazione risultante è la seguente:

$$T_{eq} = T_s(1-\alpha)^{1/4}\sqrt{\frac{R_s}{2a}}$$

Di

La temperatura di equilibrio dipende quindi dall' energia emessa dal sole, dalla distanza del pianeta e dalla capacità di assorbimento o albedo. Per la Terra risulta una temperatura di equilibrio di -18°C. Quella effettiva media è invece di +15°C. La Terra, quindi, è piu' calda di come dovrebbe essere. Potremmo pensare ad altre fonti di calore.

Tab. I Valori assoluti e relativi al Sole della potenza fornita al pianeta Terra da diverse sorgenti di energia, calcolati integrando il flusso di radiazione su tutta la superficie terrestre

	Energia fornita alla Terra nell'unità di tempo	
Sorgente di energia	Valori assoluti di potenza (erg/s)	Valori in unità relative rispetto al Sole
Sole	$1,76\ 10^{24}$	1
Luna (piena)	$3,09\ 10^{19}$	$1,76\ 10^{-5}$
Fulmini	$1,60\ 10^{19}$	$9,09\ 10^{-6}$
Luce stellare	$2,61\ 10^{17}$	$1,48\ 10^{-7}$
Aurora boreale	$2,53\ 10^{17}$	$1,44\ 10^{-7}$
Raggi cosmici	$1,63\ 10^{17}$	$9,26\ 10^{-8}$
Luminosità del cielo notturno	$1,12\ 10^{17}$	$6,37\ 10^{-8}$

L' energia proveniente dall' interno della Terra è circa un decimillesimo di quella del sole e quella prodotta artificialmente dall' uomo, circa un quaranta millesimo.
La differenza positiva di 33°C, che consente alla Terra di essere abitabile e di avere acqua allo stato liquido è dovuta al contributo dell'atmosfera tramite il famoso effetto serra.
Tutti abbiamo una diretta esperienza dell'effetto serra, proprio osservando ciò che succede dentro una serra. L' illuminazione solare fa salire la temperatura all' interno ben al di sopra della temperatura esterna e noi ne approfittiamo per crescere all' interno ortaggi o fiori anche d' inverno. Ciò si verifica per una particolare caratteristica del vetro. Esso è trasparente nella banda ottica, dove l'emissione solare raggiunge il suo massimo, ma è opaco nel campo degli infrarossi, che sono i raggi emessi dai corpi a temperatura ambiente.
Quindi in una serra l'energia è intrappolata, può entrare ma non può uscire e la temperatura si alza notevolmente. Alcuni gas atmosferici hanno comportamenti simili al vetro. In particolare, tutti i gas con molecole asimmetriche come la CO_2, il metano e il vapore acqueo, sono opachi nell' infrarosso e trattengono calore sulla superficie della Terra. Un esempio noto a tutti, una notte nuvolosa sarà senz'altro piu' calda di una notte limpida e serena, perché' il vapore acqueo delle nubi funziona da coperta.
Il modello che tratta tutte le componenti che influiscono sulla temperatura planetaria è molto complesso, ma ci basti sapere che ogni variazione scatena una serie di conseguenze con effetto spesso contrastante. Immaginiamo ad esempio che per qualche causa (è successo assai spesso nel passato), la temperatura dell'oceano si alzi.
L' anidride carbonica in esso disciolta viene liberata in atmosfera forzando un ulteriore aumento e così pure aumenterà l'evaporazione che contribuirà all' aumento dell'effetto serra. Allo stesso tempo aumenterà la copertura nuvolosa che aumenterà l'albedo, respingendo nello spazio una quota maggiore della radiazione solare e aumenteranno le piogge che laveranno via la CO_2 producendo carbonati e riducendo l'effetto serra. Sono dunque quattro effetti diametralmente opposti. Quale tendenza prevarrà? È impossibile

dirlo. È come prevedere l'esito di una partita di calcio fra due formazioni di uguale abilità. A volte è un piccolo evento casuale che sposta l'equilibrio e nella storia del clima si riscontrano evoluzioni contrapposte. In ogni caso la Terra, a differenza di Venere e di Marte ha sempre trovato, a volte anche assai bruscamente, un nuovo equilibrio, che anche nei casi piu' estremi, che ha consentito alla vita (non tutta) di sopravvivere. Prima di addentrarci nell' esame del passato può essere interessante ricordare alcuni dei fattori che hanno alterato profondamente l'equilibrio climatico del pianeta: frazionamento o raggruppamento dei continenti, super-eruzioni vulcaniche, ossigenazione del pianeta da parte delle alghe, presenza o assenza di terre emerse ai poli, velocità della circolazione oceanica ecc.
Rispondendo a questi stimoli il pianeta si è per lo piu' assestato in incessanti oscillazioni attorno a due grandi scenari: La Terra calda e la Terra Ghiacciaia. Noi viviamo in un periodo che dura da 30 milioni di anni di Terra Ghiacciaia, e particolarmente in un periodo interglaciale, non molto caldo e sicuramente non in una fase di squilibrio.
Il clima terrestre, anche nel brevissimo arco della storia oscilla continuamente. Abbiamo avuto crisi climatiche intorno all' anno mille avanti Cristo, poi il periodo caldo romano, il freddo dell'alto medioevo e il caldo del basso medioevo, la piccola era glaciale del Seicento e settecento e così via.

4. Il clima primigenio

Fino a pochi anni fa non sapevamo assolutamente nulla del clima dei primi quattro miliardi di anni della Terra. Innanzitutto, non ci sono praticamente fossili. I primi resti giunti fono a noi sono quelli della fauna di Ediacara, che risalgono a 630 milioni di anni fa.
Recentemente con nuovi strumenti si sono scoperti impronte, pur sempre rarissime, di organismi monocellulari. Ci si deve perciò basare unicamente sui depositi inorganici, cioè rocciosi. Non bastasse, 4 miliardi di anni sono molti per un pianeta dinamico come la Terra. Il fondo del mare viene completamente rinnovato ogni 200 milioni di anni e la superficie terrestre è soggetta continuamente ad erosione, sprofondamento e riemersione. Il risultato è che i reperti sono sempre piu' rari a mano a mano che ci inoltriamo nel passato e che ci sono centinaia di milioni di anni completamente perduti. È come avere qualche migliaio di fotogrammi di un film, per di piu' addensati nella parte finale. Da quei pochi fotogrammi persone acute possono ricavare interessanti informazioni, ma anche decine di storie assai diverse e tutte compatibili con ciò che i fotogrammi rimasti mostrano.
Sulla base di queste avvertenze si può capire come mai fino a circa un miliardo di anni fa siamo riusciti solamente a stabilire se faceva caldo o freddo e perché' certi cambiamenti sono avvenuti, ma assai poco di piu'.

4.1 Il clima nell' Adeano (4600-4000 milioni di anni fa)

L' Adeano prende il nome dall' Inferno pagano: Ade. Convenzionalmente abbraccia i primi 600 milioni di anni del nostro pianeta. Quel periodo di iniziale formazione della Terra ha lasciato tracce indelebili e ha posto le fondamenta per l'abitabilità della Terra. La collisione planetaria che ha dato origine alla Luna dopo 50 di milioni d' anni ha prodotto effetti permanenti: ha spazzato l'atmosfera primigenia costituita di Elio e Idrogeno,

sostituendola con gas emessi dalle profondità della Terra, come vapore acqueo, metano, anidride carbonica e azoto. Ha inoltre inclinato l'asse rotatorio delle Terra, originando le stagioni e stabilizzato l'orientamento con l'effetto giroscopico rappresentato dalla Luna. Di quel periodo non ci è rimasto alcun residuo tranne alcuni cristalli di Zircone che hanno potuto essere datati a 4,3 miliardi di anni fa. La storia di questi zirconi è straordinaria. Si sono formati all' interno di camini vulcanici, che dovevano essere assai piu' frequenti allora, a una profondità di alcuni chilometri. La composizione isotopica dell'ossigeno contenuto dimostra che il magma da cui provengono era ricco di acqua, il che fa pensare che già ci fossero gli oceani. Il sistema vulcanico di cui facevano parte ha subito lentamente un'erosione e i cristalli sono stati dilavati da piogge in fiumi. In un'ansa di questo fiume, fossilizzata e riemersa recentemente nel deserto australiano, datata a tre miliardi di anni fa, gli zirconi sono riemersi e ci hanno raccontato la storia di una Terra già ricoperta di oceani, anzi, essendo ancora assai calda, la crosta non aveva sufficiente rigidità per sostenere corrugamenti dell'altezza necessaria per emergere dall' acqua. Nel frattempo, il continuo bombardamento della superficie da parte di planetesimi anche assai grossi fece probabilmente evaporare e ricondensare molte volte gli oceani. Non si può quindi parlare ancora di un vero e proprio clima in questo periodo.

4.2 Il clima nell' Archeano (4000-2500 milioni di anni fa)

L' inizio dell'archeano coincide con la fine dell'"ultimo grande bombardamento" (meteorico), le cui cicatrici vediamo ancora ogni notte sulla faccia della Luna e probabilmente dovuto a una risonanza destabilizzante fra le orbite dei due pianeti maggiori: Giove e Saturno. Circa 3500 milioni di anni fa, nelle rocce piu' antiche di cui disponiamo ci sono le prime tracce di vita monocellulare sotto forma di colonie di alghe, già ben sviluppate e organizzate. È lecito pensare che la vita sia comparsa almeno 100 o 200 milioni di anni prima. Il tipo di vita ricorda da vicino i batteri ipertermofili che troviamo oggi nelle fonti termali. Ciò fa presupporre che l'ambiente fosse costituito da oceani molto caldi, con temperature superiori ai 50°C. Per altre vie sappiamo che il mantello terrestre era allora almeno 200°C piu' caldo e notevolmente piu' plastico. Questo fatto ha permesso l'avvio della tettonica a zolle e la formazione graduale degli scudi continentali. Una delle istantanee che ci sono giunte da quel lontano passato, porta però i segni inconfondibili di una glaciazione. Questi segni, che compaiono qui e là in tutta la storia della Terra sono sostanzialmente di due tipi: la presenza di agglomerati di tipo morenico e cioè ghiaia e massi accumulati disordinatamente e le tipiche striature da sfregamento delle rocce sottostanti ai ghiacciai. Di alcune rocce sudafricane, databili a 2900 milioni di anni fa, sono evidenti le origini glaciali. E poiché' giacciono sopra uno strato di sedimenti marini, si può dedurre che i ghiacciai fossero penetrati in mare aperto, scavando il fondo marino sottostante. Potrebbe essere stata la prima glaciazione globale. In mancanza di altre evidenze, non sappiamo quanto sia durata, né perché' sia avvenuta. Una possibile spiegazione ha a che fare col mistero del sole debole. Dalla conoscenza del ciclo di vita delle stelle, sappiamo che il Sole a quell' epoca emanava solo il 75% della energia che emana oggi. Si suppone che un effetto serra assai potente abbia compensato la carenza di calore solare. Ricordiamo che l'atmosfera era assolutamente priva di ossigeno, quindi altri

gas serra importanti, che oggi vengono distrutti dall' ossigeno atmosferico, come il metano e l'ammoniaca, persistevano per milioni di anni e si accumulavano. Inoltre, l'atmosfera era probabilmente molto piu' densa di oggi, poiché' la tettonica a zolle non aveva ancora assorbito nel mantello la maggior parte dell'anidride carbonica. Sono solo ipotesi, ma è chiaro che una riduzione dell'effetto serra per cause planetarie (giganteschi impatti o erosione atmosferica) potrebbe avere causato una glaciazione. Vedremo invece che per la successiva abbiamo le idee abbastanza chiare.

4.3 Il clima nel proterozoico (2500- 542 milioni di anni fa)

Nonostante si tratti del piu' lungo periodo convenzionalmente definito, della durata incredibile di 2000 milioni di anni, esso è, dopo un inizio spettacolare, particolarmente privo di eventi, tanto da comprendere in esso il cosiddetto "miliardo (di anni) noioso".

Abbiamo parlato di inizio spettacolare ed infatti si sono verificati due eventi, che lasciano sospettare una stretta correlazione fra di loro.

Partiamo da quella che sembra la causa: dopo circa due miliardi di anni, qualcosa sulla Terra scopre la fotosintesi clorofilliana. In che cosa consiste: si tratta di una reazione chimica: $CO_2 + H_2O + \text{energia solare} \rightarrow C_6H_{12}O_6 + O_2$ probabilmente la piu' importante al mondo. Utilizzando anidride carbonica, acqua e raggi solari viene prodotto ossigeno e cellulosa. I batteri hanno imparato a replicare sfruttando l'energia solare. Il processo è molto piu' efficiente delle reazioni di estrazione dell'energia dall' ambiente e utilizza ciò che c'è di piu' abbondante. La scoperta ha un enorme successo, ma ha conseguenze catastrofiche sulla biosfera e sull' atmosfera. La prima conseguenza è che viene rilasciato Ossigeno libero. L' ossigeno è uno dei gas piu' aggressivi che ci siano e si combina praticamente con tutto. La combustione è causata dall' ossigeno, e così la ruggine. L' arrivo dell'ossigeno stermina tutti i batteri fino ad allora presenti (teniamo presente l'acqua ossigenata come disinfettante) e inoltre si combina con tutto, in particolare con il metano in atmosfera distruggendolo. Avviene la cosiddetta catastrofe dell'ossigeno: solo poche specie batteriche sopravvivono, ma si moltiplicano a dismisura. Per centinaia di milioni di anni l'ossigeno in eccedenza si combina con il Ferro disciolto negli oceani producendo ossido di Ferro, insolubile che precipita sul fondo marino. Ancora oggi tutto il Ferro che noi utilizziamo proviene da quei giacimenti. Dopo aver consumato tutto il Ferro oceanico l'ossigeno entra in atmosfera e distrugge il metano. Abbiamo quindi il consumo o addirittura la distruzione di due potenti gas serra: l'anidride carbonica e il metano. L' effetto è anche qui catastrofico e la temperatura della Terra precipita dando origine a due distinti periodi di Terra Palla di Neve, cioè interamente ghiacciata.

Viene un primo assaggio con la glaciazione Huroniana, all'inizio del periodo proterozoico. Ma 200 Milioni di anni dopo la Terra entra in un periodo super glaciale della durata di oltre 100 milioni di anni. La glaciazione di Makganyene arresta tutti i progressi in atto. Nel frattempo, l'ossigeno raggiunge anche l'alta atmosfera e comincia a produrre lo strato di Ozono (Molecola con 3 atomi di Ossigeno invece di 2), che schermera' da allora in poi le terre emerse dagli effetti micidiali dei raggi UV solari. Terminata la grande glaciazione per un miliardo di anni sembra non succedere niente, ma in realtà e come se si stesse caricando una molla che avrebbe fatto piu' tardi esplodere la vita. La sparizione del Ferro aveva posto un grosso problema agli organismi viventi: essi si erano sviluppati in

oceano ricco di Ferro e avevano imparato a utilizzarlo per “digerire” l’azoto, molecola assai pigra. Sparito il Ferro lo sviluppo della vita incontrò un potente freno ambientale.

Ci volle quel miliardo di anni perché’ la vita imparasse ad usare altri elementi come il Manganese e perché’ il dilavamento dei continenti arricchisse a sufficienza gli oceani di questi elementi. Nel frattempo, erano comparse le cellule moderne, le cellule moderne dotate di nucleo e di riproduzione sessuata. Tutto era pronto per l’esplosione della vita che stava maturando da quasi quattro miliardi di anni. Ma come era cominciato con una catastrofe, così il proterozoico finì con un’altra immane catastrofe, che giunse a un passo brevissimo dalla sterilizzazione totale del pianeta.

4.3.1 Terra Palla di Neve

Abbiamo già incontrato alcune volte questa definizione. Al di là degli indizi risalenti alla grande ossigenazione, per oltre 1 miliardo e mezzo di anni non ci sono segni di alcuna glaciazione. È ipotizzabile che il clima si sia mantenuto caldo per lunghissimo tempo. Verso la fine del periodo proterozoico erano in corso due interessanti sviluppi. I continenti del globo formavano un unico continente chiamato Rodinia. Dal punto di vista biologico le cellule evolute dotate di nucleo stavano prendendo il sopravvento per la loro superiore organizzazione e adattabilità e deducendo dall’ orologio biologico di esseri vissuti in seguito, si può dedurre che dovevano esistere i primi organismi multicellulari, probabilmente simile alle attuali spugne e amebe.

Improvvisamente, da un punto di vista geologico, fra 800 e 700 milioni di anni fa, il clima della Terra si raffreddò bruscamente. Ciò portò alla formazione di estese calotte glaciali. Osserviamo che se la terra viene interamente ricoperta di ghiaccio, l’albedo sale da 0,39 a 0,90 e di conseguenza la temperatura di equilibrio scende di circa 70°C. Si è calcolato che se le masse glaciali scendono sotto il 30° parallelo, un ulteriore raffreddamento è inarrestabile e porta alla cosiddetta Terra Palla di Neve cioè una Terra ghiacciata dai Poli all’ equatore. In effetti i resti geologici dell’epoca mostrano segni di imponenti glaciazioni in tutti i continenti, inclusi quelli che allora si trovavano nei pressi dell’equatore. Il fenomeno, ormai generalmente accettato, pone due grandi interrogativi, privi di risposte pienamente soddisfacenti. Innanzitutto, cosa può aver scatenato questo squilibrio estremo e poi, come se né potuti uscire. Diciamo subito che non c’è consenso unanime so cosa abbia provocato la catastrofe. Un’ ipotesi, preferita dai piu’, è che la causa scatenante sia stata la rottura del supercontinente Rodinia. La frattura continentale porta una accelerazione dei processi di erosione e velocizza l’asportazione della CO2 mediante l’aumento della circolazione atmosferica e delle piogge. Una volta innescata, la glaciazione sarebbe stata inarrestabile. Purtroppo, applicando i moderni modelli climatologici, anche ricorrendo a ipotesi estreme, non si riesce a riprodurre la Terra Palla di Neve. Gli scenari piu’ spinti vedono un calo delle temperature medie di circa 15°C, assolutamente insufficiente per scatenare il fenomeno. Manchiamo quindi di una spiegazione soddisfacente. Di fatto la temperatura si abbassò di circa 70°C. A quel punto tutti i processi atmosferici si arrestarono: mancando l’evaporazione degli oceani, sparirono le nuvole e ogni tipo di precipitazione. Un enorme deserto ghiacciato. La Terra sfiorò il punto di non ritorno: l’anidride carbonica ghiaccia a -78°C. Se ciò fosse avvenuto l’era super glaciale non sarebbe mai finita. Siamo piu’ fortunati nella comprensione del

meccanismo di uscita dalla glaciazione. Infatti, sopra i tipici depositi glaciali ci sono enormi sedimenti di calcare, tipici di temperature elevate. Ecco l'indizio risolutivo.

Abbiamo detto che l'attività meteorologica si era completamente arrestata, ma non così l'attività tettonica e vulcanica. I vulcani continuavano ad emettere nel' atmosfera polveri e anidride carbonica, che nessun processo poteva eliminare dall' atmosfera. Nel corso di milioni di anni, l'anidride carbonica raggiunse livelli anche di cento volte superiori agli attuali e la polvere, ricadendo sulla neve, gradatamente ridusse l'albedo. In assenza di nuvole si può stimare che l'albedo sia sceso da 0,9 a 0,2. Questo porterebbe la temperatura di equilibrio a +50°C. L' enorme riscaldamento provocò uno scioglimento rapidissimo dei ghiacci con un effetto a catena inarrestabile. Abbiamo prove che il clima si risvegliò in modo estremamente violento con tempeste e piogge eccezionali per centinaia di migliaia di anni. L' effetto erosivo fu estremo e originò gli spessi strati di calcare. Ma la Terra non ritrovò l'equilibrio climatico. Le tremende tempeste dilavarono nuovamente l'anidride carbonica e ritorno l'era glaciale e tutto questo per ben tre volte.

Contrariamente alla logica, la vita sopravvisse, non sappiamo come, anzi negli intervalli fra le glaciazioni, l'abbondanza di nutrienti dilavati negli oceani favorì un'esplosione di vita che moltiplicò per dieci la quantità di ossigeno in atmosfera portandolo ai livelli attuali. Una enorme frana sottomarina avvenuta 630 milioni di anni fa ci apre una finestra su un mondo sorprendente e meraviglioso. La frana gigantesca seppellì in pochi secondi un intero habitat oceanico e il miracolo fu che preservò perfettamente i corpi di organismi "medusoidi" gelatinosi, che in nessun altro modo avrebbero potuto conservarsi.

Una nuova e ultima glaciazione incombeva e con essa sia la fine del lungo periodo proterozoico, sia la scomparsa della fauna di Ediacara, un tentativo fallito di colonizzazione del pianeta. Anche quest' ultima glaciazione fece la sua strage distruggendo la fauna di Ediacara. La successiva istantanea del mondo preistorico ci proietta a 542 milioni di anni fa: il clima dopo 250 milioni di anni di pazzie si è finalmente stabilizzato. L' ambiente marino ci appare improvvisamente popolato da una nuova generazione di animali, dotati per lo piu' di esoscheletro. Finalmente i fossili sono facilmente identificabili. Siamo entrati nel Cambriano, il primo periodo del paleozoico.