

Origine della vita: il limite della nostra conoscenza

Vita: una ricerca universale

Jacques Reisse

(Université Libre de Bruxelles)

Conferenza tenuta al
Planetario di Milano il 12/10/2004

www.comune.milano.it/planetario

Una questione fondamentale

Sulla base delle nostre conoscenze attuali, è possibile o no dare una risposta scientifica alla domanda:

**come è apparsa la vita sulla
Terra?**

Definizione della vita

Insieme delle proprietà che
permettono
di differenziare sistemi non-viventi
e sistemi viventi

Definizione minimalista di un sistema vivente

- **Sistema aperto dinamico** capace di controllare i suoi **scambi con il mondo esterno** per mantenere la sua **integrità**, capace anche di dividersi in due sistemi che hanno, ciascuno, delle proprietà simili ma non necessariamente identiche al sistema iniziale (**evoluzione**)

Impossibilità logica di definire l'origine

- Della vita (ma anche dell'uomo, del linguaggio, della seconda guerra mondiale,...)

Transizione graduale tra il
« non-vivente » e il « vivente »

***Generazione spontanea
progressiva***

Due punti di vista, due premi Nobel

- « L'Universo non è pieno di vita. Il nostro numero è uscito al casinó di Monte Carlo » (J Monod, 1970)
- « La vita fa parte della trama stessa dell'Universo. Se non fosse la conseguenza inesorabile delle proprietà combinatorie della materia, sarebbe stato assolutamente impossibile per la vita nascere in una maniera naturale » (C. de Duve, 1990)

Perché due punti di vista così diversi?

- Perché non c'è (ancora?) una risposta scientifica non discutibile
- Perché non ci sono più tracce di questi eventi « prebiotici »
- Perché rimaniamo al livello dell'opinione personale (e parzialmente soggettiva!)

L'origine della vita: una questione fondamentale per H.S.

- Probabilmente una delle piú vecchie domande che si pone H.S.

Da dove veniamo, da dove vengono gli altri esseri viventi?

- Risposte religiose o filosofiche (filosofi presocratici, Lucrezio, Bruno, Kant,...)
- Questione che entra nel campo della ricerca scientifica durante il diciannovesimo secolo (anche negandola)

Risposta tramite la negazione della questione

- Non ci chiediamo mai qual è l'origine dell'energia cinetica. Possiamo dunque abituarci all'idea che la vita è eterna e che cercare la sua origine è una ricerca inutile »

Arrhenius (1909)

Risposta tramite la negazione
« prudente » della questione

« E' vano riflettere **oggi** sull'origine
della vita come sarebbe vano
riflettere sull'origine della materia »

Darwin (1863)

Già nel 1871 Darwin pensa all'origine della materia e della vita!

« ...se (ma che grande se!) potessimo immaginare che in un piccolo stagno caldo, pieno di diversi tipi di sali di ammonio e di sali fosforici, in presenza di luce, calore ed elettricità, un derivato proteिनico si è potuto formare, pronto a subire delle modifiche più complesse ancora... »

Fatti e osservazioni diversi

- La Terra ha 4,6 miliardi di anni (accrezione rapida di una nube di gas e di polvere chiamata protonebulosa solare)
- La formazione della Luna è dovuta a un impatto che ha avuto luogo poco dopo l'accrezione
- Primi oceani: 4,4 miliardi di anni fa
- Periodo di bombardamento intenso fino a 3,9 miliardi di anni fa

La Terra: un luogo molto privilegiato

- La posizione del sistema solare nella galassia
- Il Sole: una stella con una vita lunga
- Una distanza T-S ottima (acqua liquida)
- La Luna come «stabilizzatore»
- Giove nella posizione « giusta », come «protettore» contro gli impatti troppo frequenti

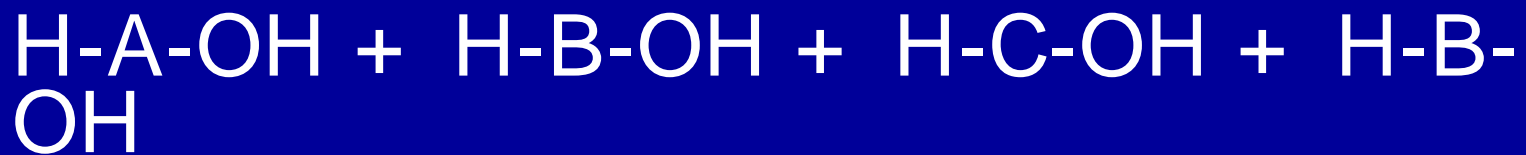
Da quando ci sono esseri viventi sulla Terra?

- Da 3,8 miliardi di anni? (effetti isotopici)
- Da 3,5 miliardi di anni? (microfossili o microstrutture mineralogiche?)
- Da 2,9 miliardi di anni (non c'è dubbio!)
- LUCA era un micro-organismo del tipo procariota, probabilmente eterotrofo

LUCA non era la forma la piú primitiva di vita

I costituenti degli esseri viventi

- Acqua liquida (effetto strutturante sulle molecole idrofobe o amfifile)
- Molecole organiche (che contengono C) capaci, per la maggior parte, di formare dei polimeri di condensazione



danno



Diversi tipi di H-A-OH

- Aminoacidi (che danno le proteine)
- Nucleotidi (che danno gli acidi nucleici)
- Zuccheri (che danno i polisaccharidi)

Altri tipi di molecole che vengono da una condensazione

- Nucleotidi (base + ribosio + H_3PO_4)
(base +
desossiribosio+ H_3PO_4)
- Esteri di acidi grassi (costituenti delle membrane)
- Molte altre molecole

Abbondanza dell'acqua e della materia organica nell'Universo

- ^1H , ^4He , ^{16}O , ^{14}N , ^{12}C : elementi piú abbondanti nell'Universo
- H_2 e CO : molecole piú abbondanti
- H_2O , NH_3 , H_2CO rivelate nelle nubi interstellari (1968)
- Oggi, piú di 150 molecole identificate usando spettroscopie MO e IR (maggioranza di molecole organiche come $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$, PAH, HC_{11}N , glicina?)

Origine della materia organica sulla Terra primitiva

- Origine esogena (meteoriti, micrometeoriti, asteroidi, comete)
- Origine endogena: sintesi nell'atmosfera della Terra primitiva (*che non era riducente*)
- Importanza relativa dei due processi non ancora chiara
- Situazione simile per l'acqua (vulcanismo o origine esogena)

Aminoacidi condritici

- Più di 75 AA trovati in Murchison (1969) tra i quali 7 AA proteici
- **Risultato importantissimo**
« Enantiomeric excesses in meteoritic Amino acids »
J Cronin and S. Pizzarello (1997)

« Conosciamo » l'origine delle molecole di base della vita!

- La vera questione: come si passa dai componenti di un aereo al Boeing in volo (senza ingegneri, senza pianificazione, senza pilota)?
- Che sappiamo dell'evoluzione chimica?
- Come la materia ha potuto strutturarsi in un **sistema dinamico molto complesso**
(struttura spazio-temporale)

La biblioteca di Alessandria è stata distrutta!

- Aspetto positivo per gli storici!

Situazione del tutto diversa per i chimici

- Non ci sono « fossili prebiotici »
- Non ci sono « fossili chimici »
- Si può solo proporre degli scenari e discutere la loro plausibilità

Esigenza fondamentale

- Gli scenari devono tenere conto delle condizioni fisico-chimiche sulla Terra primitiva (temperatura e composizione dell'atmosfera e degli oceani, acidità degli oceani,..)

Problema importante: queste condizioni non sono conosciute con certezza

Evoluzione chimica e evoluzione biologica

- **Biologica:** variazioni aleatorie in una popolazione sotto le costrizioni esterne, con selezione durante la riproduzione
- **Chimica:** variazioni delle strutture molecolari sotto le leggi della termodinamica e della cinetica e selezione sulla base della resistenza alla degradazione e della capacità di autocatalisi (riproduzione molecolare)

« Adaptation » versus « exaptation »

- Definizione di « exaptation »:
« Exaptation: features that now enhances fitness but were not built by natural selection for their present role »

Gould and Urba

(1982)

Selezione naturale al livello molecolare:

- Resistenza alla degradazione
- Autocatalisi

Caratteristica dell'evoluzione biologica

- Legata alla variazione aleatoria (mutazioni, trasferimenti orizzontali di geni) del **codice genetico**

Tra i sistemi naturali, solo gli esseri viventi sono « codificati »

Il codice genetico (il nostro
come quello di tutti organismi
viventi)

**e probabilmente anche quello di
LUCA!**

- Sequenza aleatoria ma significativa di nucleotidi
(sequenza aleatoria: sequenza che non puo essere compressa con un algoritmo di calcolo)

Mai confondere informazione con il suo supporto

- L A N I M O
- O M A L I N
- N A L I M O
- **M I L A N O**

La parola MILANO non ha un significato per un cinese!

- **Informazione = messaggio « capito »**

Codice biologico

- Supporto del codice: sequenza di triplette di nucleotidi (ADN o ARN)
- « Traduzione » in una proteina che ha una funzione specifica (enzima)

Funzione = messaggio « capito »

- ADN (o ARN) da solo non è un messaggio ma diventa messaggio quando è letto e tradotto

Caratteristiche dell'essere vivente

- **Sistema autoprogrammato**
- per rimanere lontano dall'equilibrio chimico tramite una regolazione dei suoi scambi di materia e di energia con il mondo esterno
- per usare questa materia e questa energia in un modo « efficiente » (metabolismo) e per dividersi in due sistemi simili

La questione fondamentale

- **Come nasce spontaneamente il codice (semantica molecolare)?**

Richiede una **co-evoluzione chimica** nello spazio e nel tempo

o

richiede la formazione spontanea di una molecola con un doppio ruolo (mondo ARN?)

Tra il «conosciuto» e il «non-conosciuto»

« **Conosciuto** » (piú o meno!)

- Origine delle molecole di base della vita
- Formazione spontanea delle membrane
- Formazione spontanea degli oligopeptidi
- Termodinamica dei sistemi aperti, lontano dall'equilibrio

Tra il « conosciuto »
e il « non-conosciuto »

« **Non-conosciuto** »

- Formazione spontanea dei nucleotidi e dei polinucleotidi
- Processi di accumulazione nello stesso luogo e allo stesso momento di tutti gli ingredienti di un sistema « vivente »
- **Formazione spontanea di una semantica molecolare**

Conclusioni

- Non confondere mai origine delle molecole di base della vita (acqua, sali, molecole organiche) e origine della vita
- Il piú semplice dei microorganismi è un **sistema dinamico** di un livello di complessità enorme
- L'origine del codice genetico rimane la questione fondamentale (senza risposta!)

Conclusione generale

- **Ottimista!**

Abbiamo capito « quasi tutto »

- **Pessimista!**

-Non abbiamo capito quello che fa la specificità della vita: l'origine del codice

-Non abbiamo capito perché l'evoluzione della materia va sempre verso una complessità crescente

Un'opinione provocatoria

« l'esistenza di un potente principio di organizzazione - di leggi fisiche supplementari che sono legate alle proprietà collettive e cooperative dei sistemi complessi e che non si possono derivare da leggi fisiche soggiacenti - rimane un'idea provocatoria ma speculativa »

P. Davies

(1988)