

A05



Roberto Ligrone

## **Breve storia della vita**

Le innovazioni biologiche che hanno plasmato il mondo





Aracne editrice

[www.aracneeditrice.it](http://www.aracneeditrice.it)  
[info@aracneeditrice.it](mailto:info@aracneeditrice.it)

Copyright © MMXVIII  
Giacchino Onorati editore S.r.l. – unipersonale

[www.giacchinoonoratieditore.it](http://www.giacchinoonoratieditore.it)  
[info@giacchinoonoratieditore.it](mailto:info@giacchinoonoratieditore.it)

via Vittorio Veneto, 20  
00020 Canterano (RM)  
(06) 45551463

ISBN 978-88-255-0569-6

*I diritti di traduzione, di memorizzazione elettronica,  
di riproduzione e di adattamento anche parziale,  
con qualsiasi mezzo, sono riservati per tutti i Paesi.*

*Non sono assolutamente consentite le fotocopie  
senza il permesso scritto dell'Editore.*

I edizione: marzo 2018

# Indice

- 9 *Premessa*
- 11 **Capitolo I**  
*Introduzione*  
Box 1 *Tassonomia, sistematica e filogenesi*, 16.
- 27 **Capitolo II**  
*Le origini*  
2.1. Nascita del Sistema Solare, 29 – 2.2. Formazione della Terra, 31 – 2.3. I processi tettonici, 36 – 2.4. I processi tettonici sono essenziali per la vita, 39 – 2.4.1. *L'attività tettonica mantiene attivo un potente termostato globale*, 40 – 2.4.2. *L'attività tettonica è essenziale per il riciclaggio degli elementi utilizzati dai viventi*, 40 – Box 2 *L'effetto serra*, 42 – Box 3 *Un regalo della Natura agli scienziati: gli isotopi*, 43 – 2.5. Oceani, atmosfera e crosta continentale, 47.
- 57 **Capitolo III**  
*Nascita della vita*  
3.1. Le fumarole sottomarine: possibili incubatori della vita?, 60 – 3.2. Un ruolo primordiale per l'RNA?, 66 – 3.3. Proteine e ribonucleoproteine, 67 – 3.4. Un mondo RNA-proteine?, 68 – 3.5. Le membrane biologiche, 72 – Box 4 *Il meccanismo chemiosmotico*, 76 – 3.6. Il metabolismo, 82 – 3.7. Dall'RNA al DNA, 86 – 3.8. La dicotomia Batteri e Archei: ancestrale o secondaria?, 86 – 3.9. Conclusione, 90.
- 95 **Capitolo IV**  
*La fotosintesi*  
4.1. Luce, pigmenti, fotosistemi, 102 – 4.2. Pigmenti accessori, 106 – 4.3. Meccanismo fotochimico in batteri con fotosistema di tipo 1 o tipo 2, 110 – 4.4. Evoluzione dei fotosistemi, 111 – 4.5. La fotosintesi ossigenica, 114 – 4.6. Fissazione fotosintetica del carbonio, 117.
- 125 **Capitolo V**  
*Il Grande Evento di Ossigenazione*  
5.1. Cos'ha causato la Grande Ossigenazione?, 129 – 5.2. Il modello bifasico dell'atmosfera, 132 – 5.3. Dopo il GEO, il livello di ossigeno è rimasto stabile e

relativamente basso per oltre un miliardo di anni, 135 – 5.4. Il livello di ossigeno ha ripreso a salire circa 800 MA fa, 137 – 5.5. In concomitanza con il GEO la Terra è entrata in una lunga fase di glaciazione globale, 140 – 5.6. Il metabolismo aerobio, 143.

## 151      Capitolo VI

### *La cellula eucariotica*

6.1. L'Albero della Vita, 152 – Box 5 *Il citoscheletro nei procarioti e negli eucarioti*, 156 – 6.2. Genesi della cellula eucariotica, 161 – 6.3. Il modello neomurale, 166 – 6.4. Il progenitore “ospite” era un eucariote primitivo o un archeo complesso?, 171 – 6.5. I mitocondri, 175 – 6.5.1. *Alcuni dettagli sui mitocondri*, 176 – 6.6. Sistematica degli eucarioti, 182 – Box 6 *I flagelli*, 189 – 6.7. Quando sono apparsi gli eucarioti?, 204 – Box 7 *Il paradosso del C-DNA*, 207 – 6.7.1. *DNA non codificante negli eucarioti*, 208 – 6.7.2. *Corollario*, 212 – Box 8 *La datazione molecolare*, 215 – 6.8. Note conclusive, 216.

## 227      Capitolo VII

### *La riproduzione sessuale*

7.1. Origine della riproduzione sessuale, 230 – 7.2. Il caso dei rotiferi partenogenetici, 236 – 7.3. La riproduzione sessuale demarca efficacemente le specie negli eucarioti, 236 – 7.4. Nei procarioti la demarcazione delle specie è convenzionale, 238 – 7.5. Perché solo due sessi?, 239 – 7.6. Gameti e generi, 240.

## 243      Capitolo VIII

### *La multicellularità*

## 257      Capitolo IX

### *Il cloroplasto e gli eucarioti fotosintetici*

9.1. Nascita del cloroplasto primario, 260 – 9.2. Gli Archaeplastida, 267 – Box 9 *Gli Archaeplastida sono un clade o un gruppo parafiletico?*, 274 – 9.3. Cloroplasti secondari, 274 – 9.4. Cloroplasti secondari e filogenesi, 280 – 9.5. “Ladri” di cloroplasti, 283 – 9.6. Divisione del cloroplasto, 287 – 9.7. Polisaccaridi di riserva, 289.

## 297      Capitolo X

### *Gli animali*

10.1. Sviluppo embrionale e simmetria negli animali, 300 – 10.2. Sistematica degli animali, 304 – 10.3. Giunzioni cellulari ed epiteli, 308 – Box 10 *I geni Hox/ParaHox*, 311 – Box 11 *Trichoplax, il più semplice animale vivente*, 313 – Box 12 *Intestino e sistematica degli animali*, 314 – 10.4. I Cordati, 316 – 10.5. Impatto degli animali sul pianeta, 325.

331 **Capitolo XI**  
*Le piante terrestri*

11.1. Origine delle piante terrestri, 333 – 11.2. Diversificazione delle prime piante terrestri, 338 – Box 13 *Basi strutturali dell'omeoidria*, 343 – 11.3. Sistematica delle piante terrestri, 348 – 11.4. Lo xilema, 355 – Box 14 *Lignina, humus e carbon fossile*, 362 – 11.5. Foglie e radici, 365 – 11.6. Le piante terrestri si sono co-evolute con funghi simbiotici, 368.

377 **Capitolo XII**  
*L'uomo*

Box 14 *La savana*, 380 – 12.1. Le Australopithecine, 383 – 12.2. Il genere *Homo*, 385 – 12.3. Albero filogenetico dell'uomo, 392 – Box 15 *Il lancio del peso è una specialità umana*, 395 – 12.4. La scimmia nuda, 396 – 12.5. Monogamia e cure parentali, 399 – 12.6. A caccia di geni "umani", 402 – 12.7. Cos'ha di speciale *Homo sapiens*?, 404 – 12.8. L'agricoltura, 408 – 12.9. L'uomo si evolverà ancora?, 414.

417 *Glossario*

423 *Indice analitico*





## Premessa

Sia nella ricerca, sia nell'insegnamento, la separazione fra le varie branche della biologia si è ampliata tanto che oggi biologi di campi diversi usano linguaggi molto lontani e di solito ignorano quasi tutto l'uno degli altri. Tra le discipline biologiche, inoltre, quelle riguardanti l'uomo sono state in larga parte segregate nel settore biomedico e socio-psicologico, dove soffrono di un dannoso antropocentrismo. Eppure, le conoscenze acquisite dicono con forza che la vita è un fenomeno unitario: tutti gli organismi viventi sul pianeta, per quanto diversi, condividono centinaia di caratteri che devono essere stati ereditati da un progenitore comune.

Obiettivo di questo libro è aiutare il lettore a percepire la sostanziale continuità esistente tra i viventi, dai batteri all'uomo, seguendo il percorso dell'evoluzione biologica attraverso dieci fondamentali transizioni, ciascuna delle quali ha avuto un impatto enorme sul pianeta e ha creato le premesse per ulteriori cambiamenti.

La vita sulla Terra ha una storia lunga circa quattro miliardi di anni. Riassumerne i principali eventi in un libro abbastanza agile da non far scappar via i lettori frettolosi, ma sufficientemente ricco d'informazioni da non deludere quelli un tantino più esigenti è obiettivo non facile, per diverse ragioni.

La prima, e forse più importante, è l'incertezza delle conoscenze su punti fondamentali, in particolare l'origine stessa della vita, le relazioni evolutive tra i maggiori gruppi di viventi, la genesi della cellula eucariotica. Come usavo ripetere ai miei studenti del primo anno, difficili non sono tanto le cose complesse, ma le cose non ben conosciute.

Una seconda difficoltà viene dal fatto che la vita si è evoluta insieme con il pianeta Terra, adattandosi a esso ma anche modificandolo profondamente. La rete globale delle interazioni fra i viventi e la Terra richiama il sistema di regolazione interna di un organismo vivente. Questo concetto è alla base dell'ipotesi Gaia, formulata dal chimico britannico James Lovelock nel 1972, secondo cui la Terra e gli organismi viventi costituiscono insieme un sistema altamente integrato, provvisto di meccanismi di autoregolazione che mantengono nel tempo condizioni favorevoli alla vita. Sfrondata da sfumature teleologiche, l'idea di Gaia è oggi ampiamente accettata come una proprietà emergente delle interazioni tra gli organismi viventi e l'ambiente. La storia della vita, quindi, è necessariamente anche storia del pianeta che la ospita.

Una terza difficoltà, di natura più contingente, viene dalla necessità di utilizzare termini e concetti per i quali non è possibile dare una spiegazione esaustiva nel testo, perché ci si ritroverebbe a scrivere (e leggere!) un'enciclopedia. Si è assunto, dunque, che il lettore avesse le nozioni fondamentali di chimica, fisica e biologia, mentre per i termini tecnici meno consueti è stato compilato un glossario. Argomenti rilevanti ma non del tutto omogenei con il testo principale sono stati trattati in schede separate. Il testo si sforza di mantenere uno stile discorsivo, e per questo ho scelto di non appesantirlo con citazioni bibliografiche; tuttavia ciascun capitolo riporta una lista di pubblicazioni di particolare rilevanza, in maggior parte direttamente accessibili sul web, alle quali si rimanda il lettore desideroso di approfondimenti. Sarò grato a chi vorrà farmi pervenire suggerimenti o segnalare errori e omissioni.

Pur richiamando nel titolo il pregevole libro di Nick Lane (*Le invenzioni della vita. Le dieci grandi tappe dell'evoluzione*, Il Saggiatore), questo lavoro se ne discosta nell'impostazione, stile, obiettivi e soprattutto nella scelta degli eventi fondamentali, essendo state escluse dalla trattazione innovazioni uniche degli animali, anzi di una parte di essi, quali la vista, il sangue caldo e la consapevolezza, mentre è stata data attenzione a eventi con impatto a mio avviso molto più ampio, quali l'ossigenazione del pianeta, la multicellularità, l'apparizione di piante e animali, l'arrivo dell'uomo. Ciascun capitolo ha carattere autonomo e può essere letto indipendentemente, seguendo i richiami ad altre parti del libro laddove appropriato.

Target primario di questo lavoro sono gli studenti, i dottorandi e i docenti dell'area biologica. Il taglio dell'opera, tuttavia, è tale da poter rivolgersi anche ad un pubblico più ampio, interessato a temi scientifici.

Ringrazio la prof.ssa Nicoletta Rascio (Università di Padova) per aver rivisto il manoscritto e aver generosamente contribuito a migliorarlo, il dott. Marco Vigliotti per l'aiuto nella preparazione delle figure, il prof. Sante Capasso (Università della Campania) per gli utili suggerimenti. Esprimo, inoltre, gratitudine al Dipartimento di Scienze ambientali, oggi Dipartimento di Scienze e Tecnologie ambientali, biologiche e farmaceutiche, Università della Campania, per avermi incoraggiato a farmi carico, negli ultimi quindici anni della mia vita universitaria, di corsi d'insegnamento non inquadrati nel mio specifico "settore disciplinare", un'esperienza che mi ha permesso di vedere cose che, come ricercatore e docente di botanica, mi erano a lungo sfuggite.