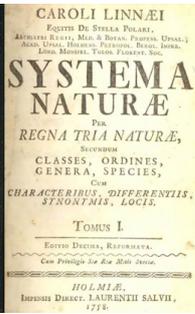
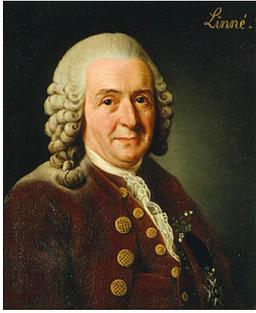


1

Carl
Linnaeus
(1707–
1778)



PIANTE:
“vivunt et crescunt”

ANIMALI:
“vivunt, crescunt et sentium”

Il sistema moderno di classificazione e denominazione degli esseri viventi iniziò con il naturalista svedese del diciottesimo secolo Carl Linnaeus, la cui ambizione era di nominare e descrivere tutti i tipi conosciuti di piante, animali e minerali. Nel suo *Sistema Naturae*, Linneo stabilì tre regni, vale a dire *Regnum Animale*, *Regnum Vegetabile* e *Regnum Lapidium*. Questo approccio sopravvive fino ad oggi nella mente popolare.

2

- **Regnum Animalia:** organismi che si muovono e mangiano cose e il cui corpo cresce fino a una certa dimensione e poi smette di crescere.
- **Regno Plantae:** tutti gli esseri viventi che non si muovono o mangiano e che crescono indefinitamente.
- **Fungi, algae, bacteria** erano raggruppati con le piante.
- **Protozoa**, gli organismi unicellulari che mangiano e si muovono, erano classificati come animali.

Molti altri biologi del diciottesimo e del diciannovesimo secolo continuarono a collocare tutti gli organismi in uno o nell'altro di questi regni.

3

Nel ventesimo secolo, nuovi strumenti d'indagine



fornirono nuovi dati.

Il numero dei regni dei viventi aumenta.

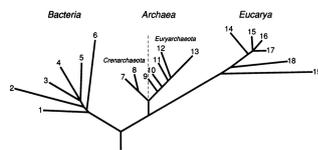
CLASSIFICAZIONE DI WHITTAKER (1969)

Eucarioti	Plantae
	Fungi
	Animalia
	Protista
Procarioti	Monera

LA RIVOLUZIONE MOLECOLARE

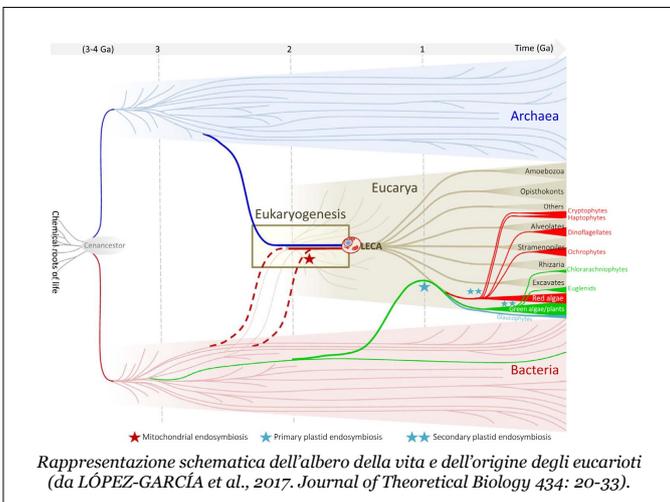
Negli anni '70, l'analisi del gene per la subunità minore dell'RNA ribosomiale (16S/18S) di Carl Woese fornì la prova che il mondo vivente è diviso in tre domini:

- Batteri (procarioti)
- Archaea
- Eukarya (eucarioti)



Per gran parte del XX secolo, i procarioti sono stati considerati come un unico gruppo di organismi e classificati in base alla loro biochimica, morfologia e metabolismo. In un articolo molto influente del 1962, Roger Stanier e C. B. van Niel stabilirono per primi la divisione dell'organizzazione cellulare in procarioti ed eucarioti, definendo i procarioti come quegli organismi privi di un nucleo cellulare. Il concetto di Stanier e Van Niel fu rapidamente accettato come la distinzione più importante tra gli organismi; si presumeva generalmente che tutta la vita condividesse un comune antenato procariotico (implicito dalla radice greca $\pi\rho\acute{o}$ (pro), prima, davanti a). Nel 1977, Carl Woese e George E. Fox hanno smentito sperimentalmente questa ipotesi universalmente accettata sulla struttura di base dell'albero della vita. Woese e Fox scoprirono dei microorganismi che chiamarono "archaeobacteria" (Archaea) da loro inclusi in "un terzo dominio" della vita, distinto dai batteri. Il nuovo sistema a

tre domini, basato su relazioni filogenetiche piuttosto che su ovvie somiglianze morfologiche, comprende Bacteria, Archaea ed Eucarya. La rivoluzione molecolare avviata da Woese utilizzando i geni per l'rRNA 16S/18S ha inoltre dimostrato che è possibile costruire alberi filogenetici universali che includano tutti gli organismi viventi provvisti di cellule e quindi stabilire un sistema di classificazione biologica naturale.



A partire dall'ultima parte del ventesimo secolo e fino ad oggi si considera che tutte le tipiche strutture eucariotiche (tranne mitocondri e cloroplasti di origine endosimbiotica dimostrata) abbiano avuto un'origine autogena all'interno di una linea evolutiva proto-eucariota strettamente associata agli Archaea. Alla strutturazione della cellula eucaristica moderna hanno sicuramente contribuito trasferimenti genetici orizzontali da varie linee evolutive procariotiche, sia da Archea che da Batteri.

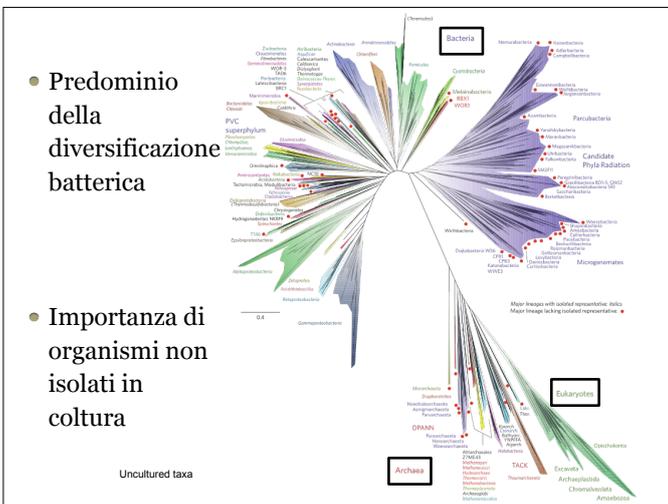
DEFINIZIONI

7

Il **trasferimento genico orizzontale**, anche conosciuto come trasferimento di geni laterale (HGT, horizontal gene transfer), è un processo nel quale un organismo trasferisce materiale genetico ad un'altra cellula non discendente.

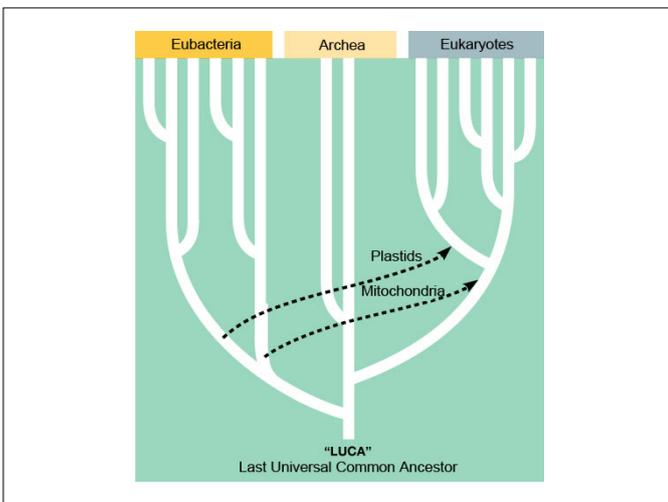
Il suo contrario è il **trasferimento genico verticale**, vale a dire il fenomeno della riproduzione, col quale un organismo riceve il materiale genetico dei suoi antenati dai suoi genitori.

La maggior parte degli studi sopra la genetica si sono incentrati in prevalenza sul trasferimento verticale, ma attualmente c'è la sensazione che il trasferimento orizzontale sia un fenomeno significativo, importante nell'evoluzione di molti organismi.

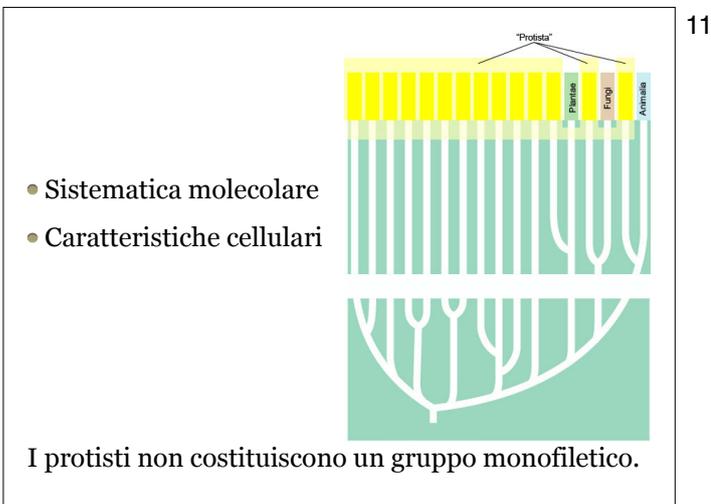
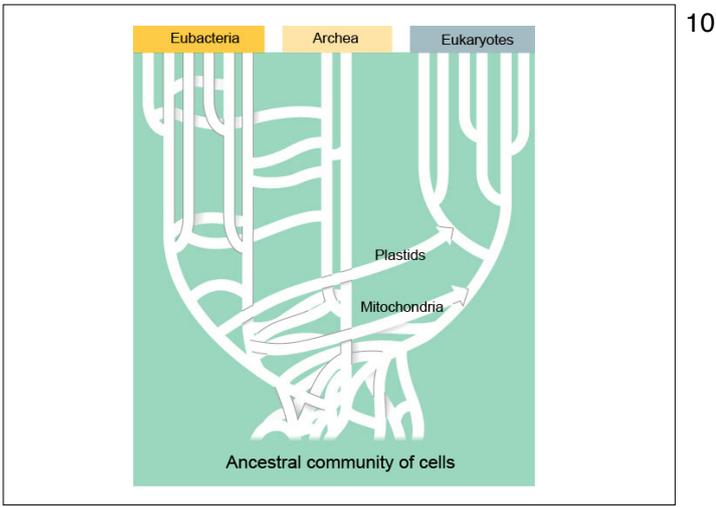


8

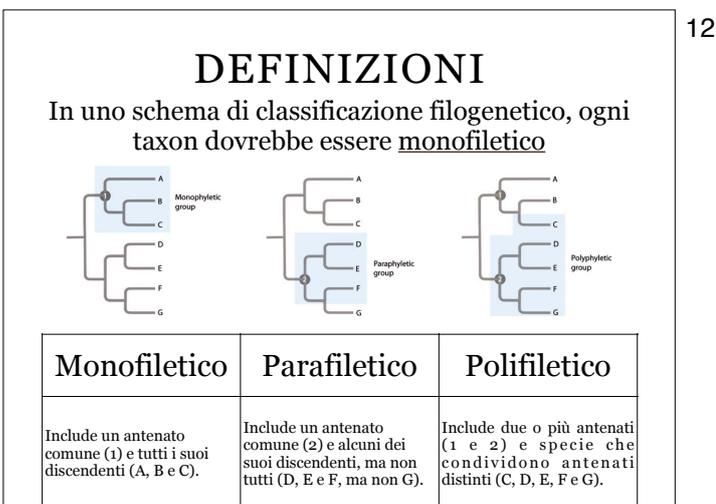
Panoramica globale della diversità all'interno dell'albero della vita, con Bacteria, Archaea ed Eukarya inclusi. I risultati rivelano il predominio della diversificazione batterica, sottolineano l'importanza di organismi privi di rappresentanti isolati in coltura, e confermano l'origine degli eucarioti da una linea di Archea (HUG et al- 2016. Nature Microbiology 1: 16048)



9



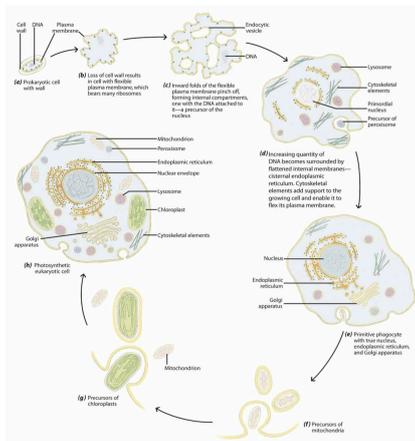
Alla luce dei dati accumulati ad oggi si sa che i protisti non costituiscono un gruppo monofiletico di organismi.



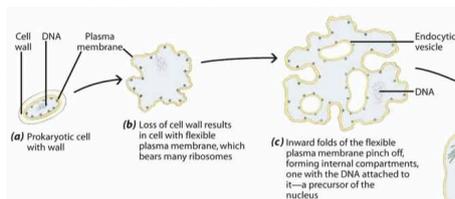
2 possibili ipotesi:

- o l'antenato comune di tutti gli eucarioti aveva il plastidio ed alcuni discendenti lo hanno perso,
- oppure il plastidio è stato acquisito più volte indipendentemente da organismi originariamente non fotosintetici.

TEORIA DELL'ENDO-SIMBIOSI SERIALE



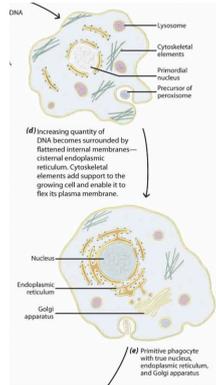
TEORIA DELL'ENDOSIMBIOSI SERIALE



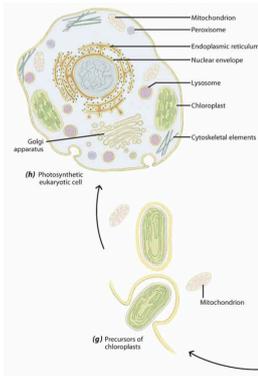
- La cellula ospite ancestrale era probabilmente un eterotrofo privo di parete.
- Possedeva una membrana plasmatica flessibile in grado di effettuare endocitosi, grazie alla presenza di steroli e di un citoscheletro.
- I lisosomi della cellula ospite si sarebbero fusi con i vacuoli alimentari, digerendo il loro contenuto in composti organici utilizzabili.

TEORIA DELL'ENDOSIMBIOSI SERIALE

Le membrane intracellulari derivate dalla membrana plasmatica avrebbero gradualmente suddiviso in compartimenti il citoplasma, formando ciò che è noto come il sistema di endomembrane della cellula eucariotica.



TEORIA DELL'ENDOSIMBIOSI SERIALE



Il passo successivo sarebbe stato che il fagocita non avrebbe digerito la preda batterica precursore dei mitocondri (o dei cloroplasti), ma l'avrebbe "adottata" in una relazione simbiotica.

- I **mitocondri** si sarebbero evoluti da un alfa-proteobatterio in un antenato comune di tutti gli eucarioti esistenti.
- I **cloroplasti** si sarebbero evoluti da un cianobatterio per mezzo di tre principali tipi di endosimbiosi.

METAMONADI

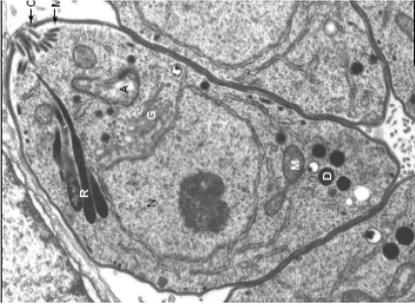
UN GRUPPO DI FLAGELLATI PRIVI DI MITOCONDRI

- Anaerobi, simbionti di animali. Spesso vivono nelle viscere di piccoli mammiferi, serpenti e insetti.
- La completa assenza di mitocondri è una perdita secondaria, non una caratteristica ancestrale.
- L'endosimbiosi mitocondriale si è verificata prima della diversificazione di tutte le linee eucariotiche contemporanee.



APICOMPLEXA

APICOPLASTO, CLOROPLASTO VESTIGIALE

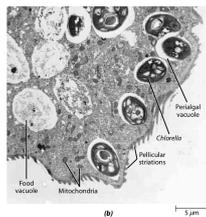
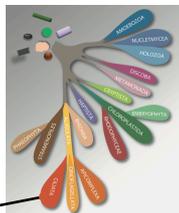


Quasi tutti endoparassiti obbligati di animali.

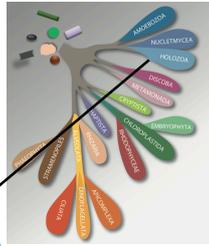
Apicoplasto: plastidio vestigiale non fotosintetico, fa parte di una struttura apicale complessa, che funziona nella penetrazione delle cellule ospite.

L'ENDOSIMBIOSI È UN EVENTO RARO?

Vorticella (Ciliata) è un esempio di protista moderno che instaura endosimbiosi con l'alga verde *Chlorella*. Ciascuna cellula algale si trova in un vacuolo separato (vacuolo perialgale) circondato da una sola membrana.



Ci sono molti esempi di endosimbionti procariotici ed eucariotici in altri protisti, così come nelle cellule di circa 150 generi di animali invertebrati marini e d'acqua dolce, come ad esempio le zooxantelle nei coralli o i cloroplasti di alghe verdi che si osservano in alcuni nudibranchi (*Elysia*).

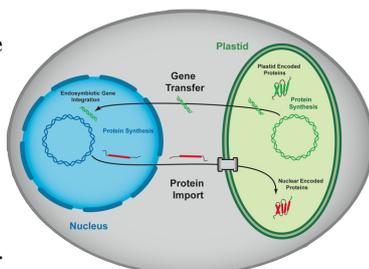


Molti eucarioti possono acquisire capacità fotosintetiche facoltative attraverso l'endosimbiosi di alghe. Questo è molto comune negli animali (ad es. le zooxantelle nei coralli e in altri invertebrati) ma anche negli eucarioti monocellulari (ad es. alghe verdi endosimbiontiche in alcuni ciliati). Alcune di queste endosimbiosi possono diventare obbligate, in particolare quando si attua un EGT, se i geni essenziali vengono trasferiti dall'endosimbionte all'ospite. Anche le simbiosi microbiche con le piante sono ampiamente diffuse e possono spiegare il loro successo evolutivo ed ecologico. Oltre l'80% delle piante stabilisce simbiosi con funghi specifici che forniscono umidità, azoto e fosforo alle radici in cambio di carbonio fisso. Si pensa che la simbiosi micorrizica sia all'origine della colonizzazione terrestre da parte delle piante, con l'antenato algale delle piante terrestri probabilmente pre-adattato per la simbiosi.

TRASFERIMENTO ENDOSIMBIONTICO DI GENI (EGT)

I geni dell'endosimbionte vengono massivamente trasferiti nel nucleo dell'ospite eucariote.

Si evolve un sistema di trasporto di proteine dal citoplasma al cloroplasto.



Nel corso dell'evoluzione, una parte del DNA dell'endosimbionte si trasferisce gradualmente al nucleo dell'ospite. Quindi, i genomi dei mitocondri e dei cloroplasti moderni sono piuttosto piccoli rispetto sia al genoma nucleare che al genoma batterico di origine. Sebbene il mitocondrio o il cloroplasto non possano vivere al di fuori di una cellula eucariotica, entrambi sono organelli autoreplicanti che hanno mantenuto molte delle caratteristiche dei loro antenati procarioti.

Poiché molte proteine codificate da quei geni trasferiti rimangono necessarie per le funzioni plastidiali, ciò implica che si debba evolvere un sistema per veicolarle nel plastidio.
