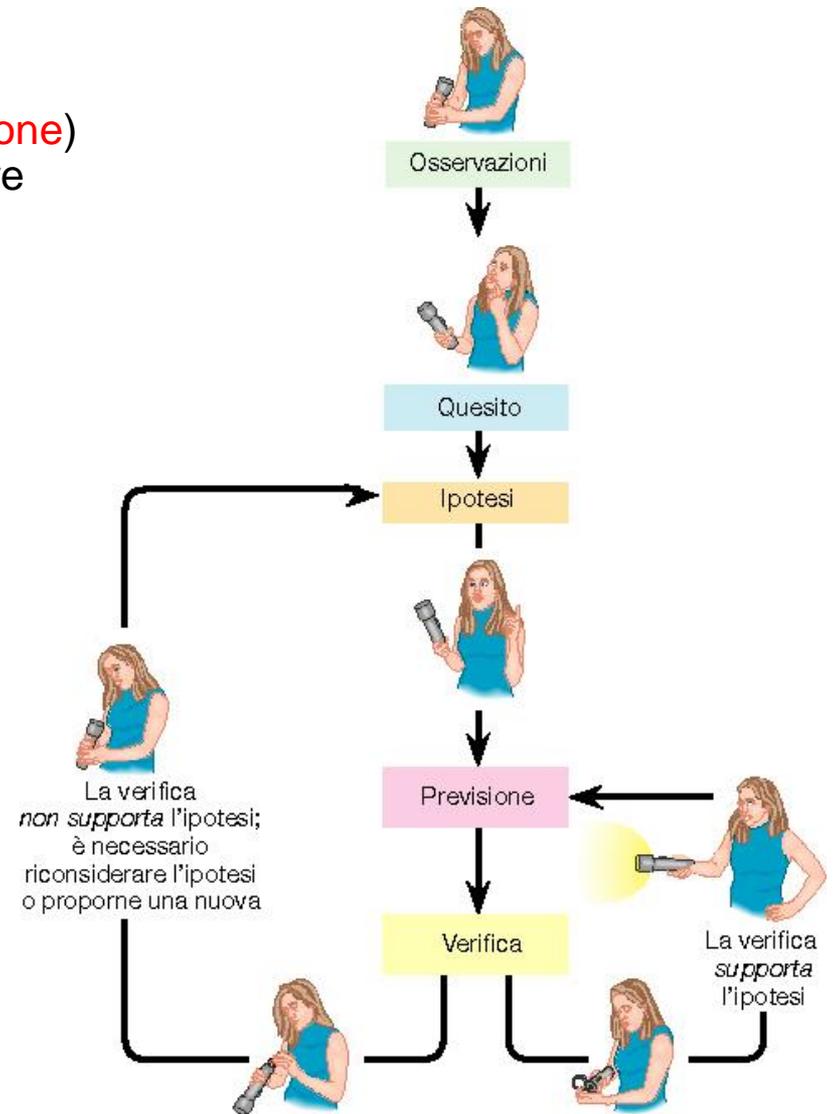
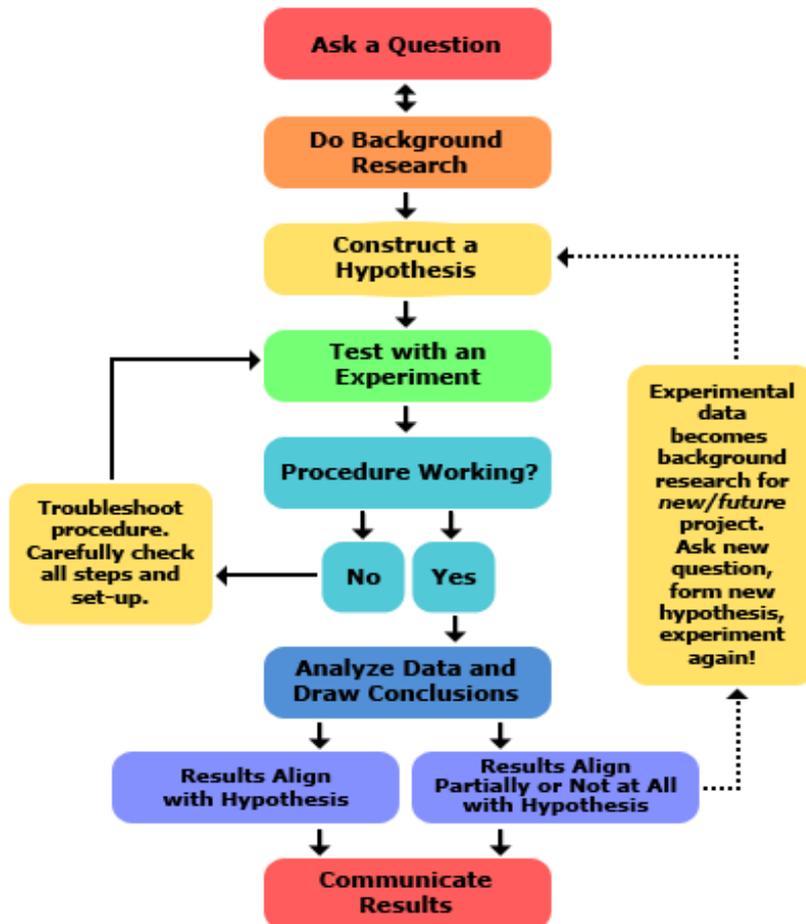


Le basi dell'indagine scientifica: osservazione, ipotesi, sperimentazione

seguite da costruzione di una **teoria** (**generalizzazione**)
che permetta di descrivere i fenomeni e formulare
previsioni attendibili

Scientific Method

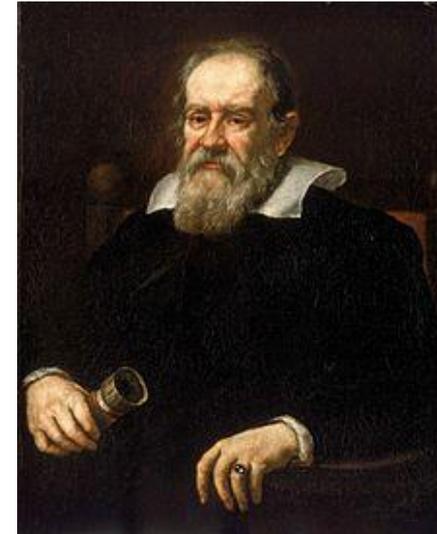


Fonti:
Sadava et al. 2014; 2019
<https://www.sciencebuddies.org>

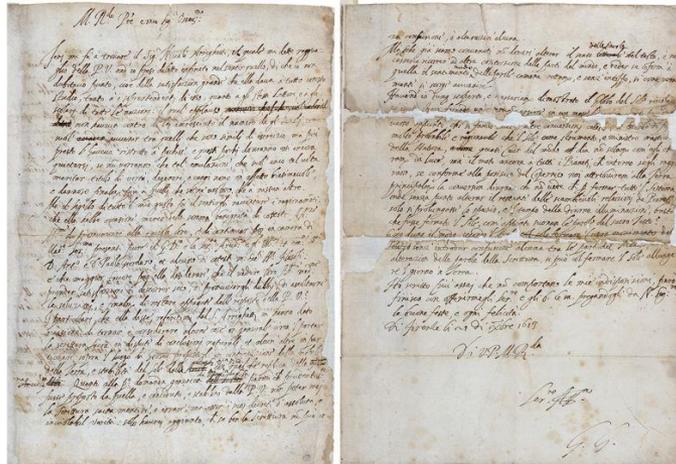


Isaac Newton
(1642-1727)

Il metodo scientifico, o **metodo sperimentale**, è stato per la prima volta **enunciato da Galileo Galilei** ed in seguito approfondito dagli studi matematici ed astronomici di Isaac Newton

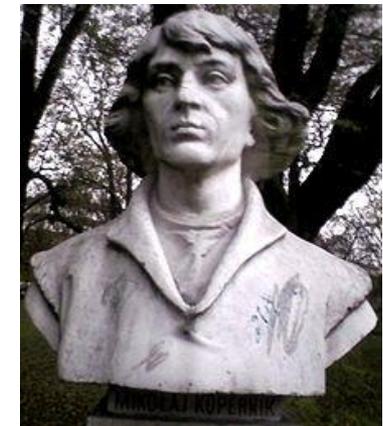


Galileo Galilei
(1564-1642)



Un ricercatore dell'Università di Bergamo, Salvatore Ricciardo, ha scoperto nel 2018 nell'archivio della Royal Society un prezioso documento storico: **una lettera autografa** inviata da Galileo all'amico matematico Benedetto Castelli nel 1613

La lettera, firmata "G.G.", contiene la discussione del modello eliocentrico di Niccolò Copernico e il concetto che l'indagine scientifica debba essere libera da condizionamenti teologici



Niccolò Copernico
(1473-1543)

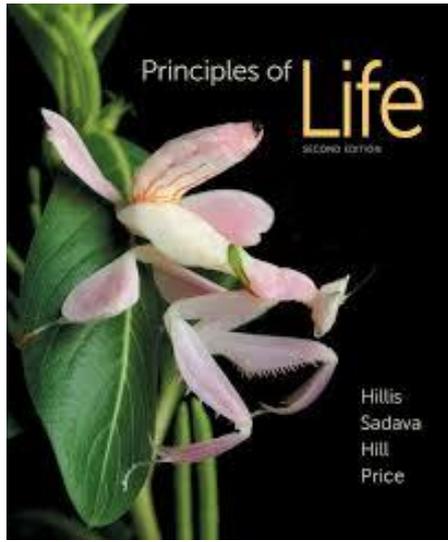
Alcune correzioni fanno supporre che Galilei intendesse **"moderare" la discussione dell'argomento** per difendersi dalla possibile accusa di eresia, che gli fu mossa in seguito



La scienza è tuttavia **una forma umana di conoscenza:**
non fornisce verità assolute, ma **ragionevoli certezze** sostenute da
continue PROVE e VERIFICHE



La Biologia (“studio dei viventi”) ha grande importanza

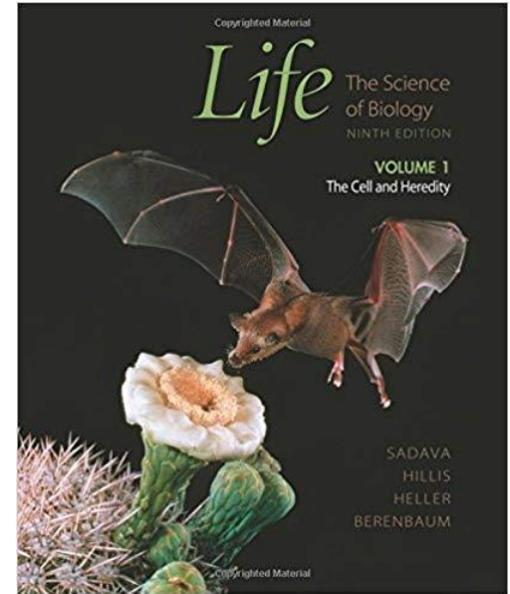


Le sue principali applicazioni sono in campi fondamentali per la sopravvivenza e il benessere:

Agricoltura

Medicina

Conservazione della biodiversità



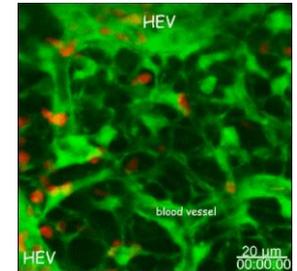
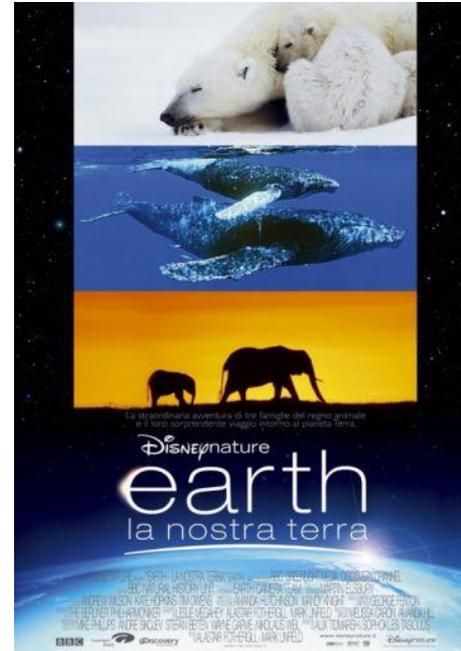
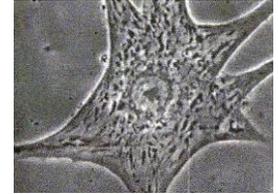
Ma, come probabilmente già sapete, la Biologia è anche uno dei campi di studio più **straordinari, interessanti e soddisfacenti** che esistano!





La Terra, il nostro bellissimo pianeta, **unico** (per il momento) **per la sua caratteristica principale,**

LA PRESENZA DI VITA

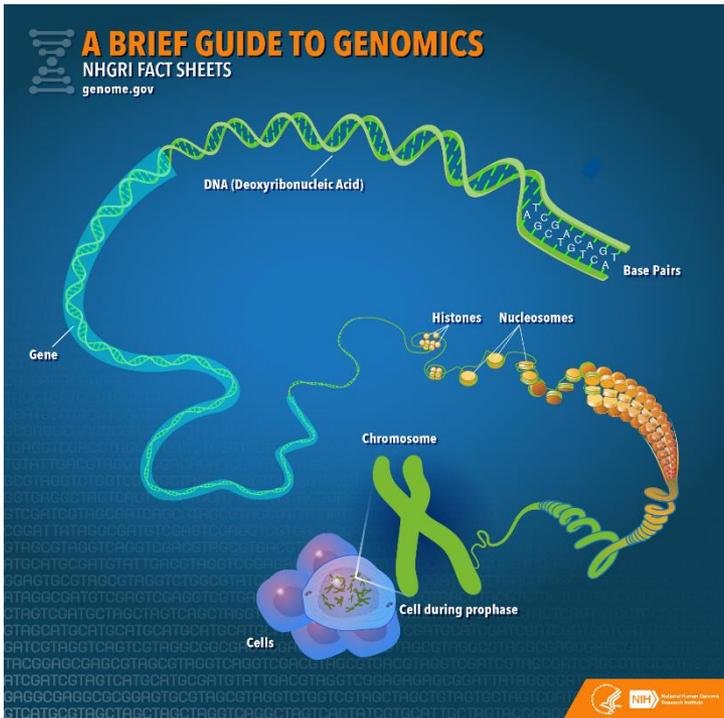


Un essere vivente è una **unità altamente organizzata** (anti-entropica), dotata di **genoma**, caratterizzata da **metabolismo** (trasformazione di materia e di energia) e capace di **riprodursi** e di **evolversi**

Vita

= **genoma, metabolismo, riproduzione ed evoluzione**

Gli organismi viventi sono caratterizzati da un **genoma**...



...da un **metabolismo**...

Fonti:
NIH – National Human Genome Research Institute
Nature Biotechnology 2013

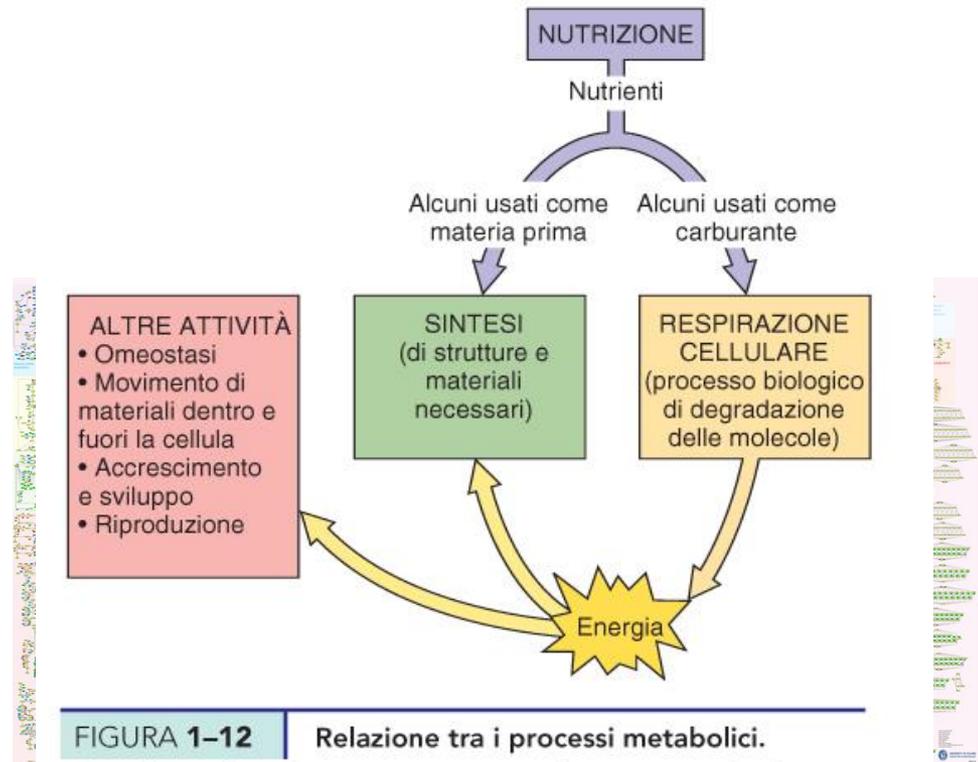
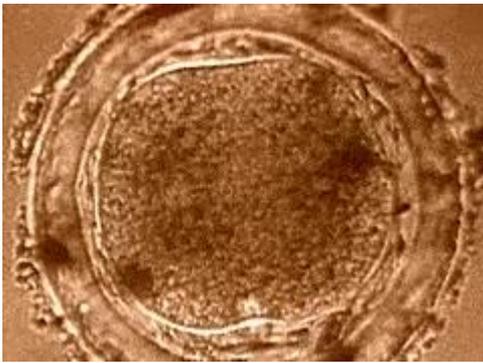
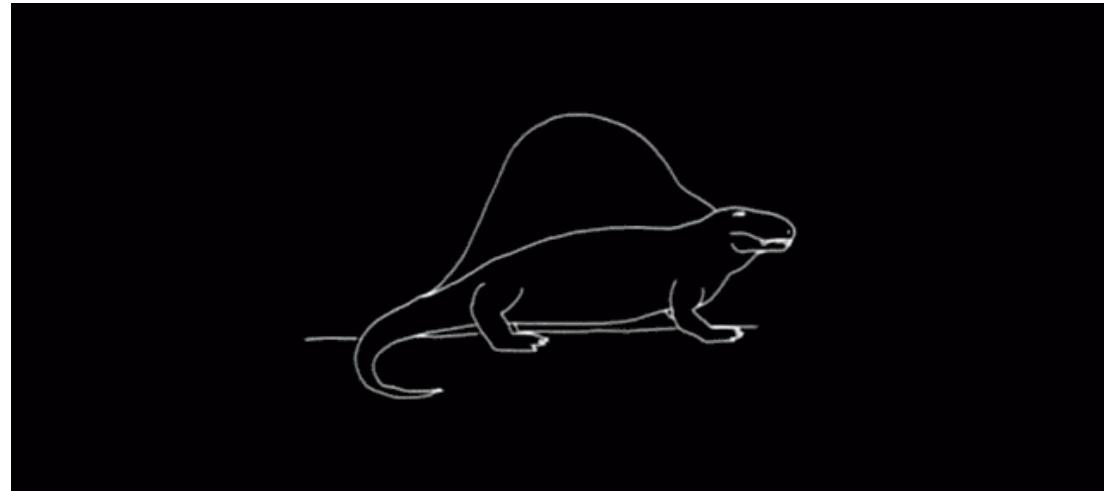
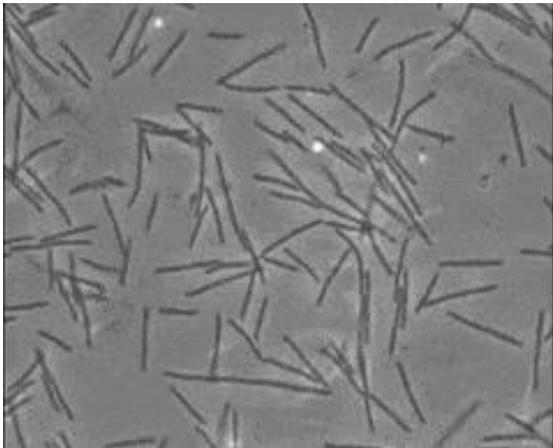


FIGURA 1-12 Relazione tra i processi metabolici.

In ogni organismo vivente avvengono continuamente reazioni metaboliche. Alcuni dei nutrienti sono usati per sintetizzare i materiali necessari per le strutture cellulari, altri sono usati come carburante per la respirazione cellulare, un processo che libera l'energia accumulata nel cibo. Questa energia è necessaria per la sintesi e per altre forme di lavoro cellulare.



... ed inoltre da **riproduzione**, **motilità**
ed **evoluzione**



Fonti:
Sadava et al., 2014; 2019
<https://giphy.com>

Come catalogare la biodiversità della vita sulla Terra?



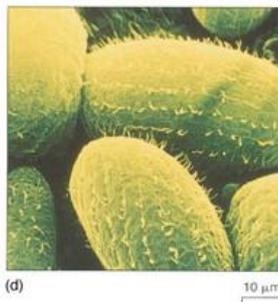
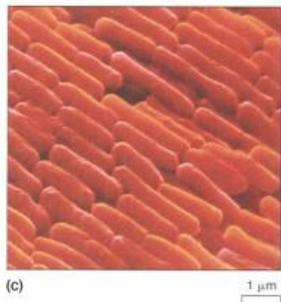
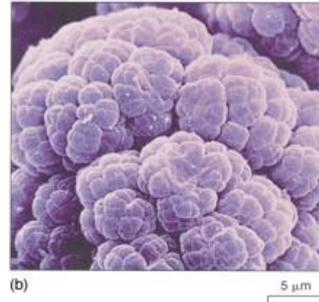
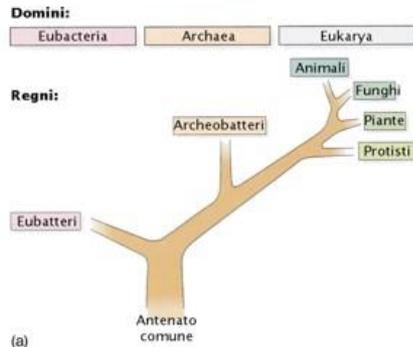
Sul pianeta sono state finora catalogate **circa 2.5 milioni di specie diverse**

(e probabilmente non ne conosciamo ancora altri 5-6 milioni, molte delle quali **si estingueranno prima di essere scientificamente documentate**)

Fonte:
Mora et al. PLoS Biology 2011

Catastrofici roghi in
Amazzonia nel 2019

Tutte le forme di vita sul pianeta sono riconducibili a 3 “Domini”, suddivisi in 6 gruppi principali, detti “Regni”

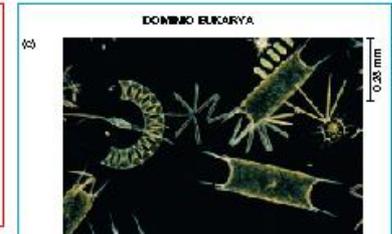


(f) *Phragmipedium caricinum*. (g) I leoni (*Panthero leo*) sono i membri più feroci del regno Animale, tuttavia sono anche tra i più socievoli e vivono pacificamente in gruppi. (b, R. Robinson/Visuals Unlimited; c, CNRI/Science Photo Library/Photo Researchers, Inc.; d, David M. Phillips/Visuals Unlimited; e, Ulf Sjostedt/FPG International; f, John Araldi; g, McMurray Photography).

■ **Figura 1-10 Una panoramica dei regni viventi.** (a) In questo libro gli organismi sono assegnati a tre domini e sei regni. (b) Questi batteri (*Methanosarcina mazei*), appartenenti al regno Archeobatteri, producono metano. (c) Il batterio a forma di bastoncino, *Bacillus anthracis*, appartenente al regno Eubatteri, provoca il carbonchio, una malattia tipica del bestiame e dei greggi che può colpire anche l'uomo. (d) I protozoi unicellulari (*Tetrahymena* sp.) sono inclusi nel regno Protisti. (e) I funghi come questi ovolacci (*Amanita muscaria*) appartengono al regno dei Funghi. (f) Al regno Vegetale appartengono molti esemplari belli e diversi tra loro. In questa fotografia si vede un'orchidea



La maggior parte dei procarioti raggruppati nel dominio Archaea vivono negli ambienti estremi caratterizzati da condizioni ambientali estreme, quali i laghi ad alta salinità e le sorgenti calde con acque bollenti. Prove di natura molecolare dimostrano che gli Archaea presentano caratteri comuni con gli eucarioti, in misura non minore dei membri del dominio dei Bacteria.



Il regno Protista consiste di eucarioti unicellulari, e delle forme a loro correlate, caratterizzate da associazioni cellulari relativamente semplici. In questa immagine si riconosce un assomigliante di protisti che vivono in una pozza d'acqua. I filocostori non hanno ancora raggiunto un accordo a proposito del modo più corretto per ripartirli in gruppi minori, rispettando nel contempo pienamente la loro filogenesi e la loro biodiversità.



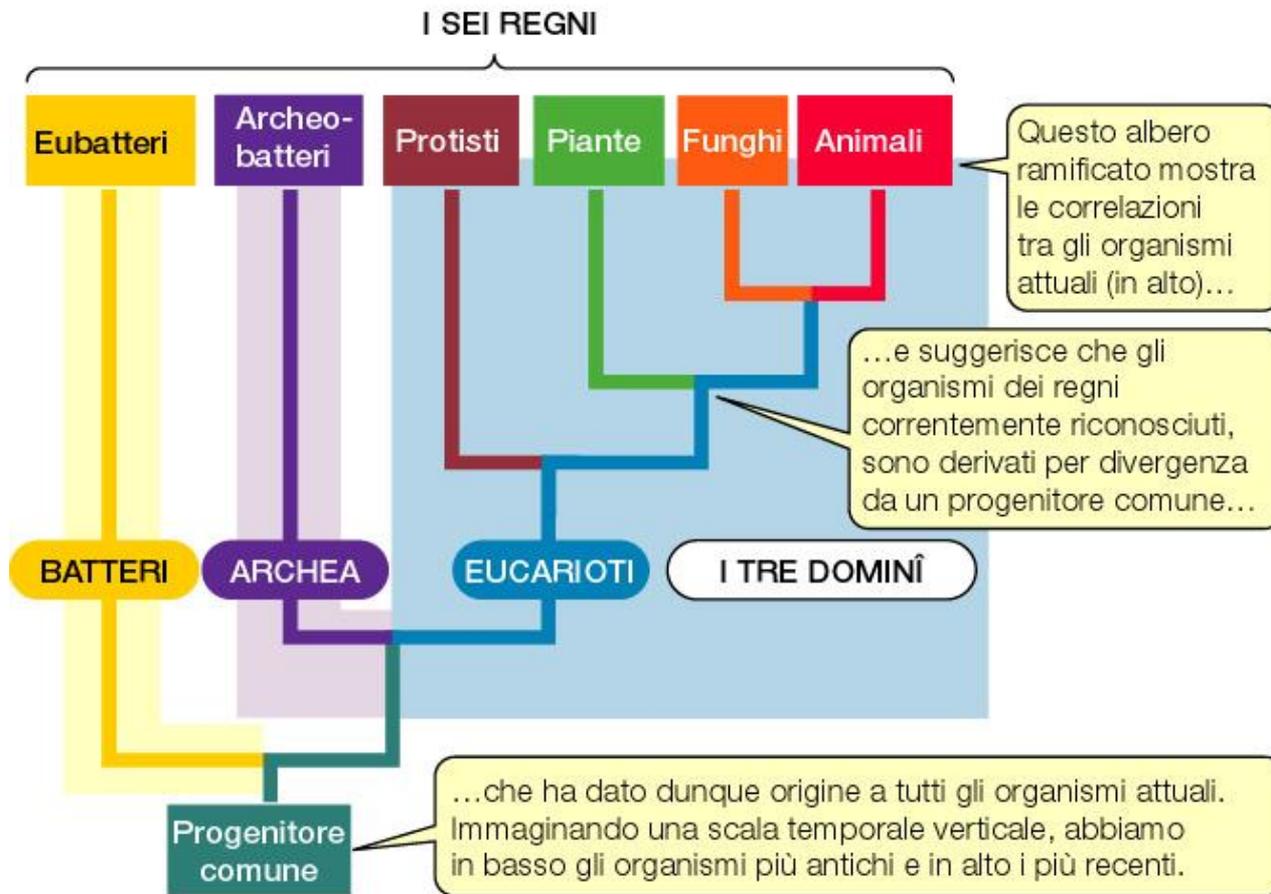
Il regno Fungi viene definito con riferimento, almeno parziale, alle strategie nutrizionali dei suoi membri, come questi esemplari che assorbono nutrienti da materiale organico in decomposizione.



Il regno Animale comprende eucarioti multicellulari che si nutrono inghiottendo altri organismi.

3 Domini

6 Regni



La catalogazione dei viventi all'interno dei Domini e dei Regni impiega una serie di **categorie tassonomiche basate sulla filogenesi** (cioè sui **rapporti evolutivi** tra gli organismi)

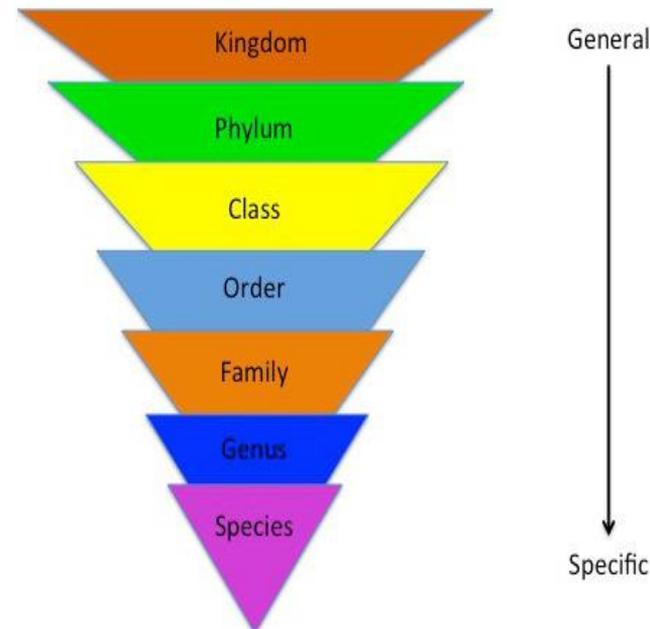
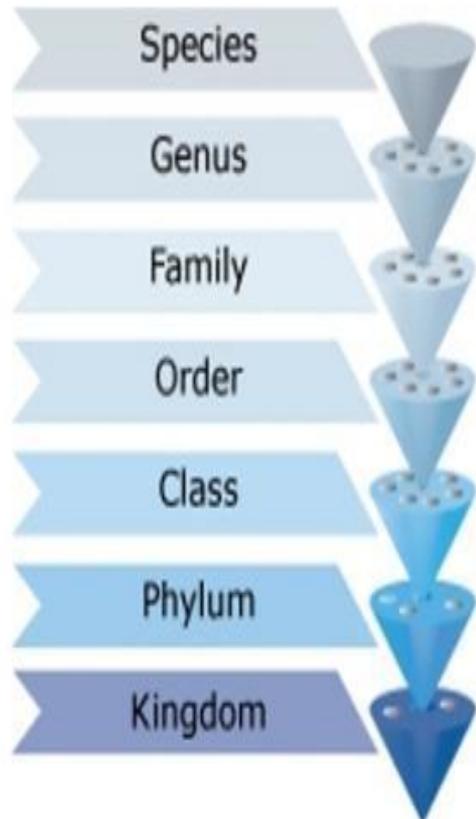
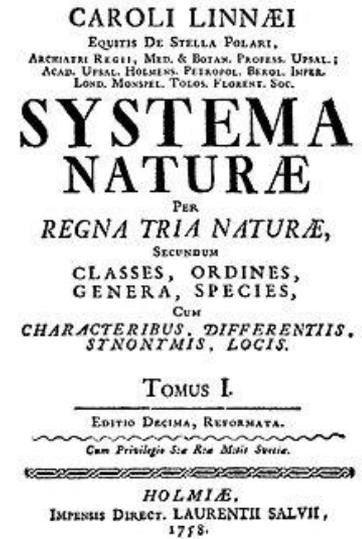
Classificazione di un vivente

Il sistema di classificazione usato in Biologia (“**nomenclatura binomiale**”) è stato ideato nel 1753 dal botanico e zoologo svedese Carl Linneus

La nomenclatura binomiale è governata da un sistema internazionale di regole stabilite dall’**International Code of Zoological Nomenclature (ICZN)** per gli animali e dall’**International Code of Nomenclature (ICN)** per le alghe, i funghi e le piante



Carl Linnaeus (1707-1778)



Esempio di classificazione: il lupo

Specie: *Canis lupus*

Genere: *Canis*

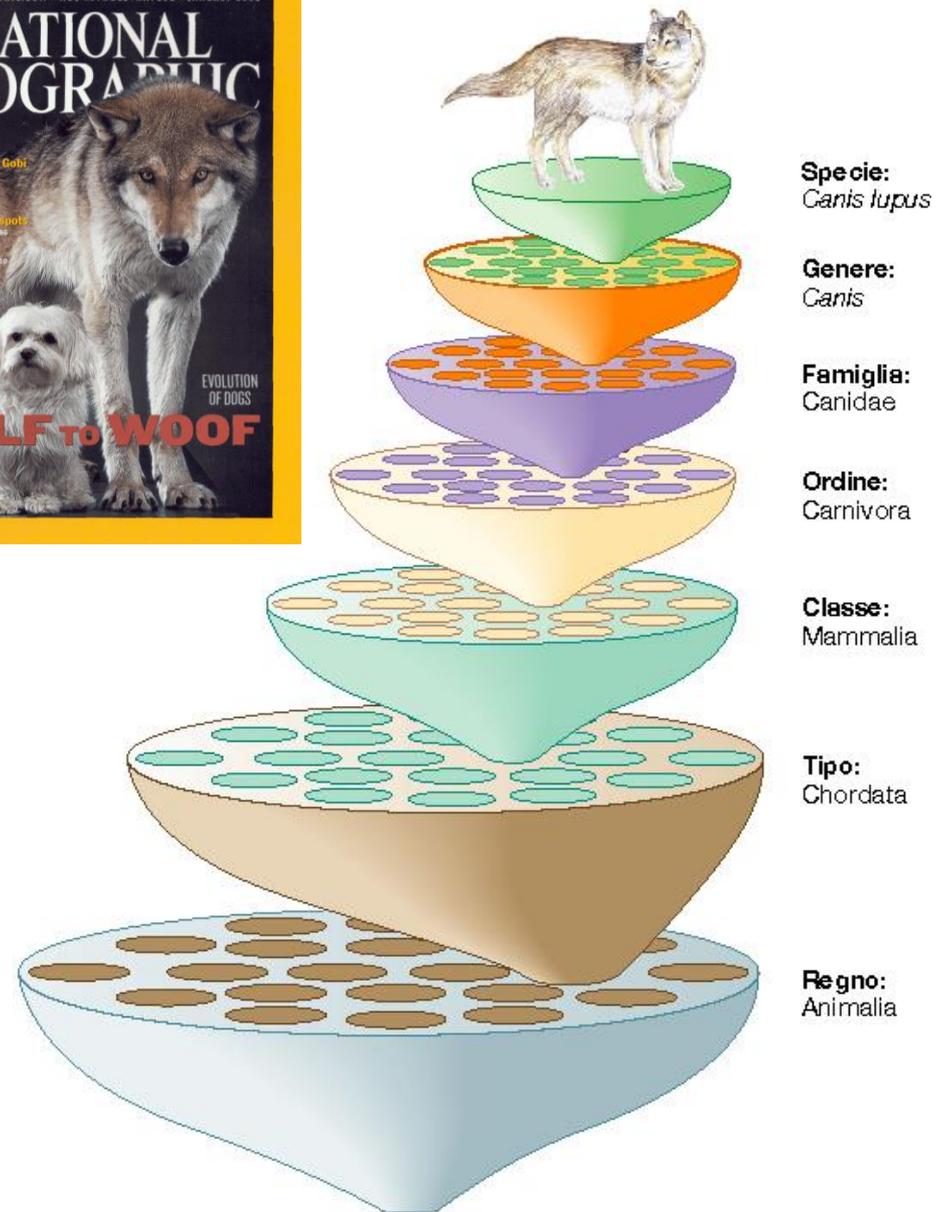
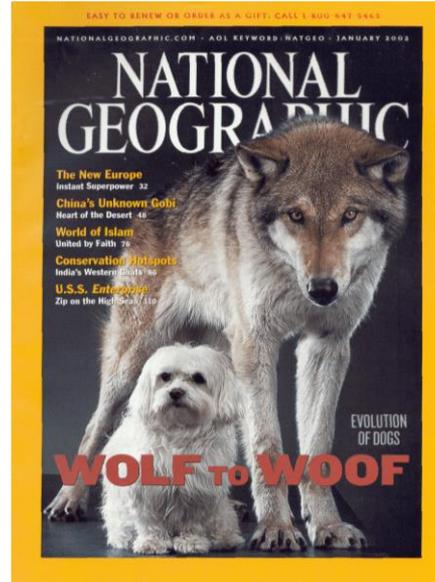
Famiglia: Canidae

Ordine: Carnivora

Classe: Mammalia

Phylum (Tipo): Chordata

Regno: **Animalia**



Altro esempio di classificazione:

scimpanzé (*Pan troglodytes*)

e umani (*Homo sapiens*)

Dominio → Eukarya

Regno → Animalia

Phylum → Chordata

Classe → Mammalia

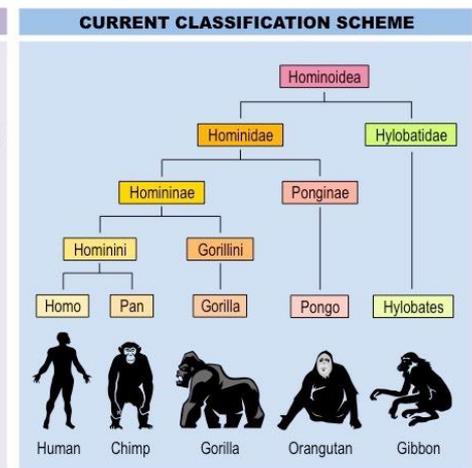
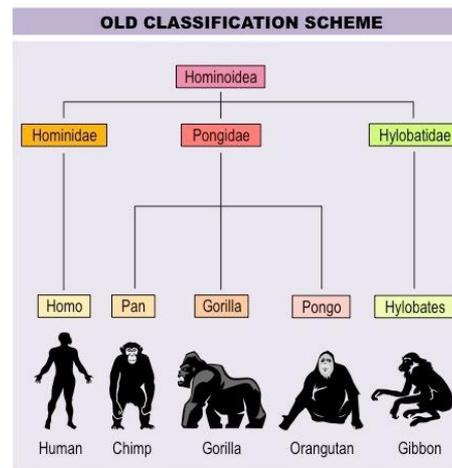
Ordine → Primates

Famiglia → Hominidae

Sottofamiglia → Homininae

Genere → *Homo*

Specie → *Homo sapiens*





12 dicembre 2001
Completato il sequenziamento
del genoma umano
(*Homo sapiens*)

46 cromosomi
Tra 19000 e 20000 geni
(Ezkurdia et al., Hum. Mol. Gen. 2014)



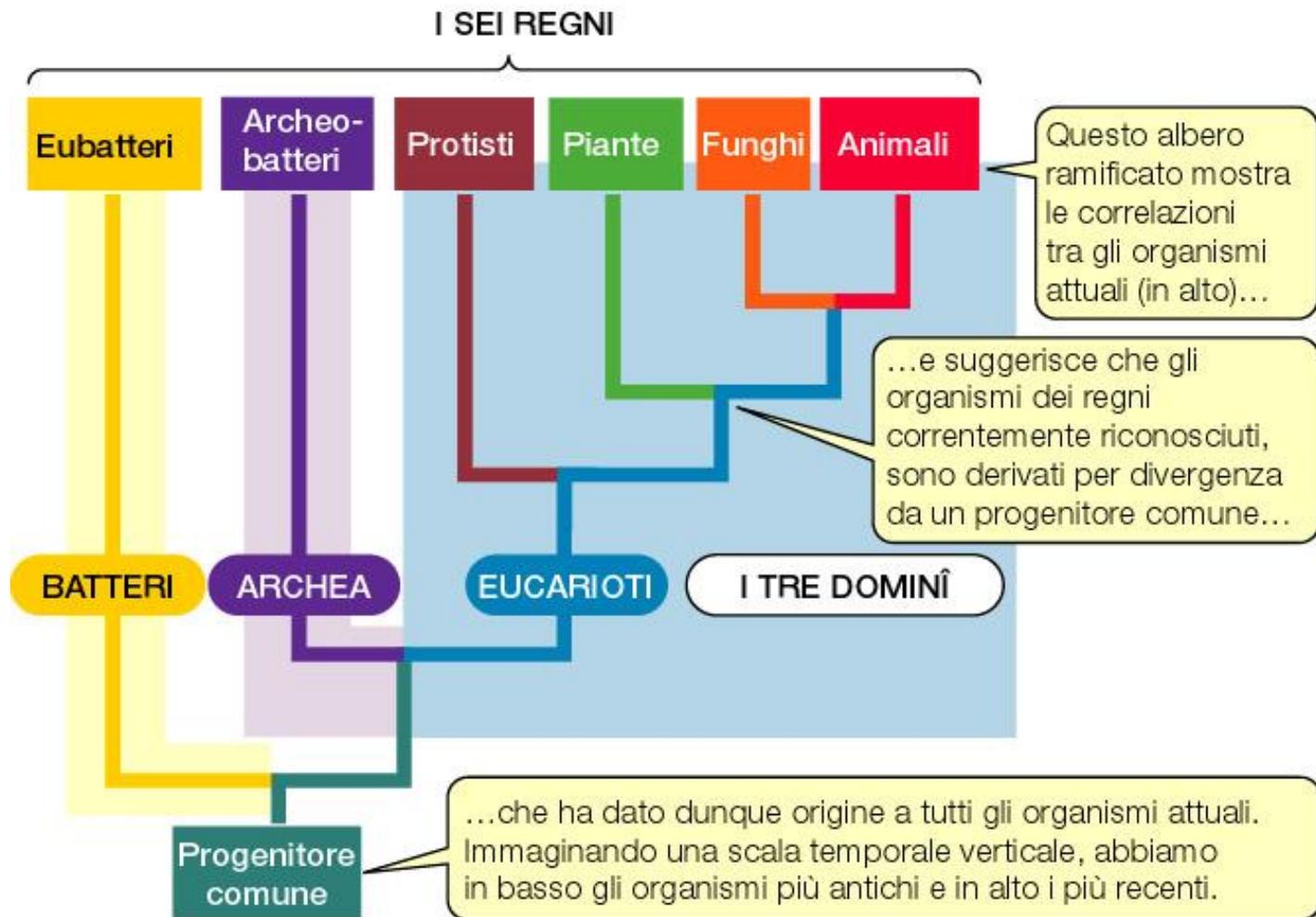
31 agosto 2005
Completato il sequenziamento
del genoma dello scimpanzé
(*Pan troglodytes* L.)

48 cromosomi
Tra 20000 geni e 25000 geni

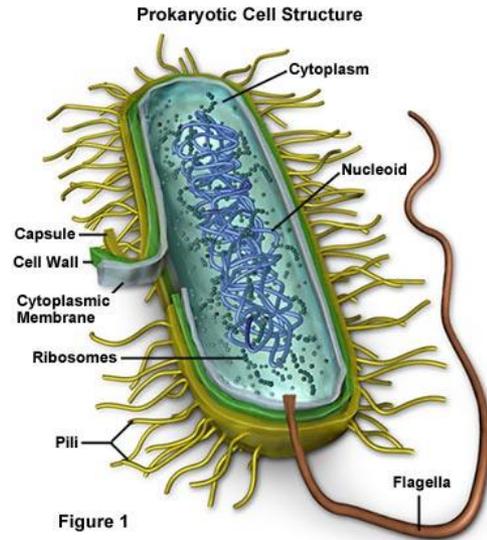
98.2 % similarità di sequenza di DNA
97.3% similarità di struttura genica



Fonti: Nature 2001, 2005
<https://www.dnalc.org>
<http://www.janegoodall.org/>



6 Regni e 3 Domini di organismi viventi,
 riconducibili a solo **due tipi di cellule**

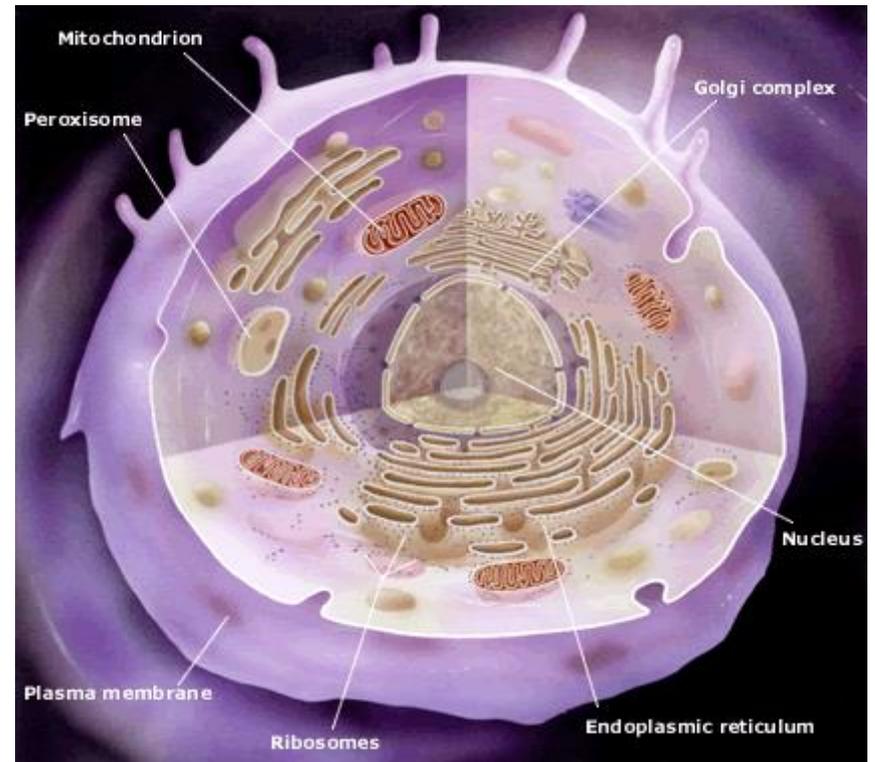


← PROCARIOTI

Archeobatteri, Eubatteri

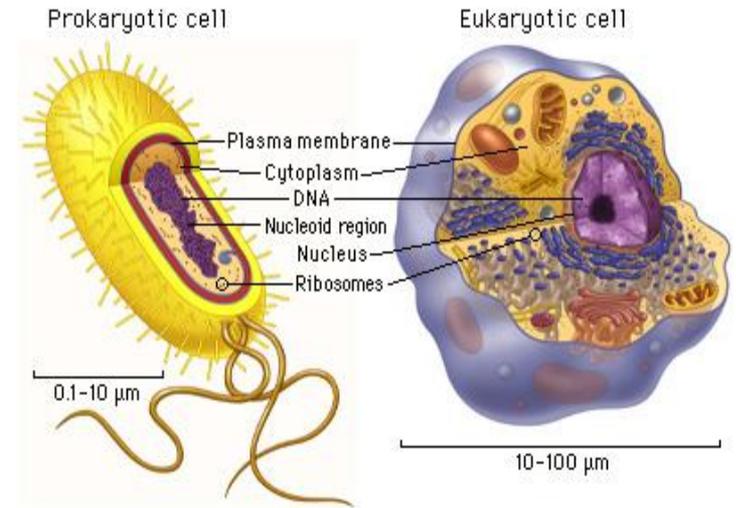
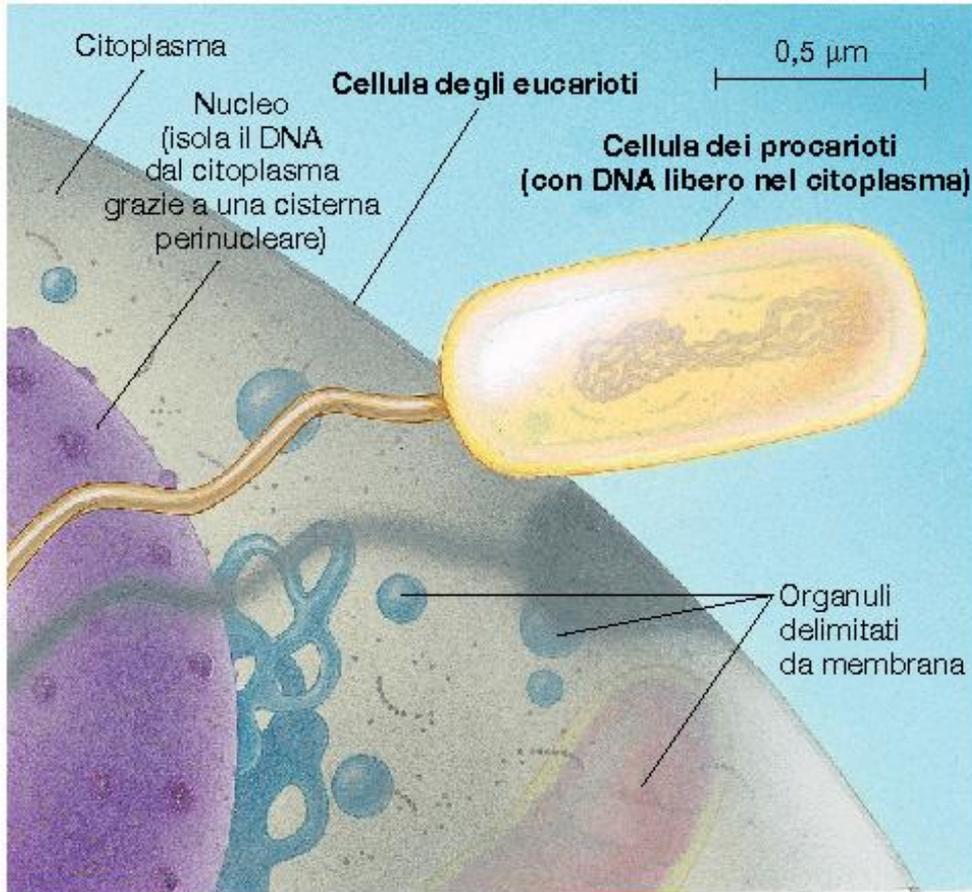
EUCARIOTI →

Protisti, Funghi, Piante, Animali



Le immagini NON sono in scala tra loro

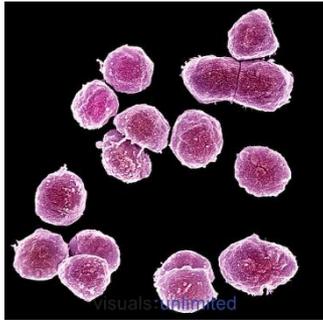
Procarioti ed Eucarioti



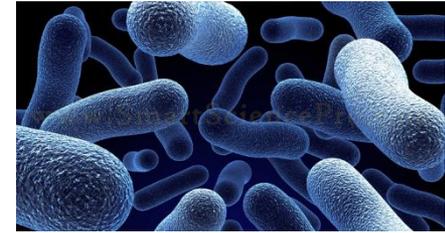
Attenzione alle dimensioni:
solo in questa immagine i due tipi
di cellule sono in scala tra loro



Organismi unicellulari e pluricellulari



Procarioti **unicellulari**:
Archeobatteri, Eubatteri

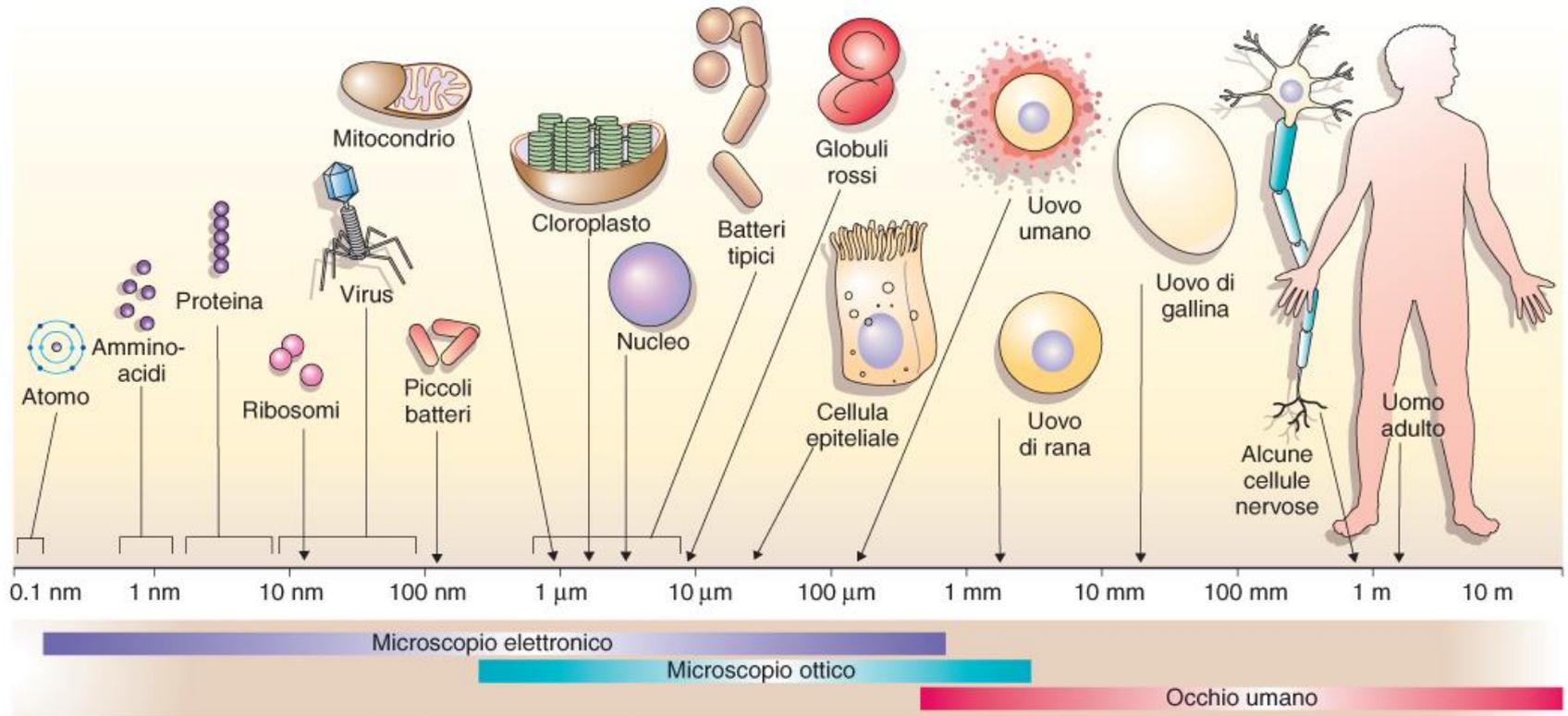


Eucarioti unicellulari: Protisti



Eucarioti pluricellulari: Funghi, Piante, Animali

Le dimensioni sono molto importanti in Biologia (ma attenzione: le immagini NON sono in scala...)

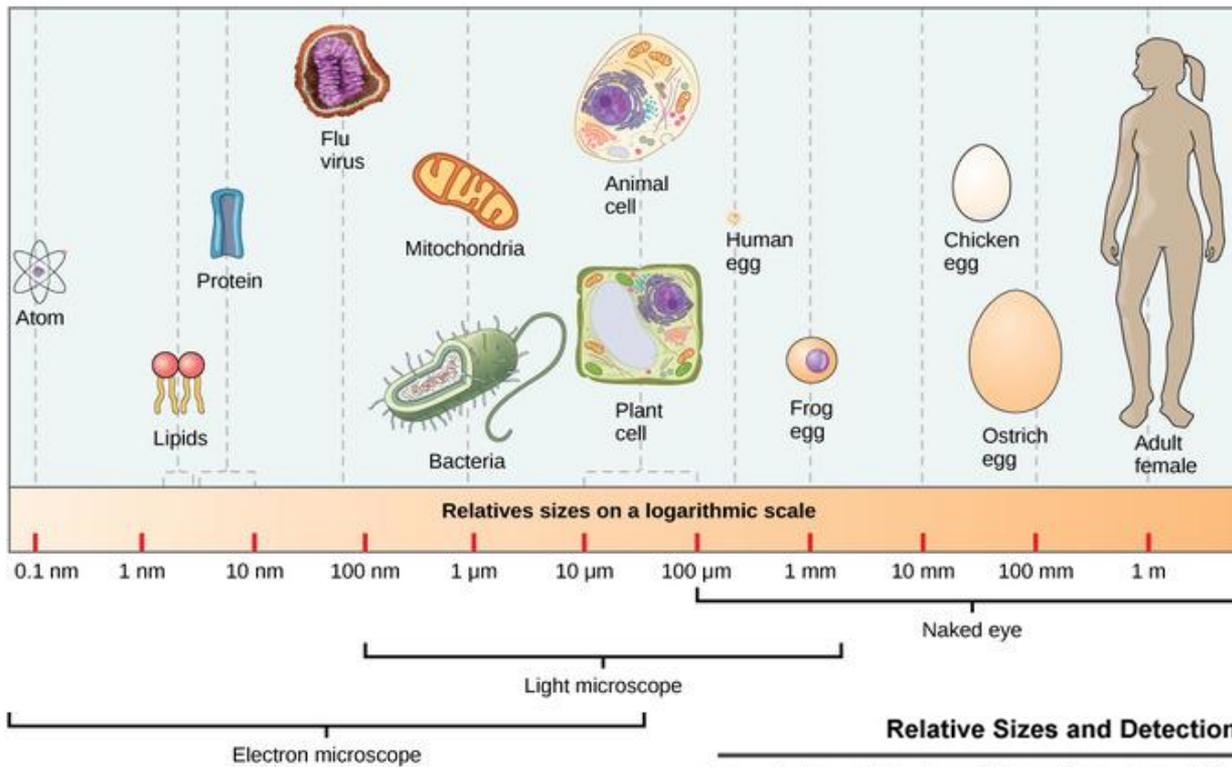


Misure		
1 metro	=	1000 millimetri (mm)
1 millimetro	=	1000 micrometri (μm)
1 micrometro	=	1000 nanometri (nm)

FIGURA 4-1

Dimensioni biologiche e diversità delle cellule.

Le dimensioni relative di strutture chimiche e organismi possono essere misurate in modo più conveniente utilizzando una scala logaritmica (multipli di 10). Le cellule procariotiche dei batteri vanno tipi-



- L'occhio umano può distinguere oggetti con diametro fino a 0.1 mm (100 μm)
- Il microscopio ottico può distinguere oggetti fino ad un diametro di 0.1 μm (100 nm)
- Il microscopio elettronico a trasmissione (TEM) può distinguere oggetti fino a 0.2 nm

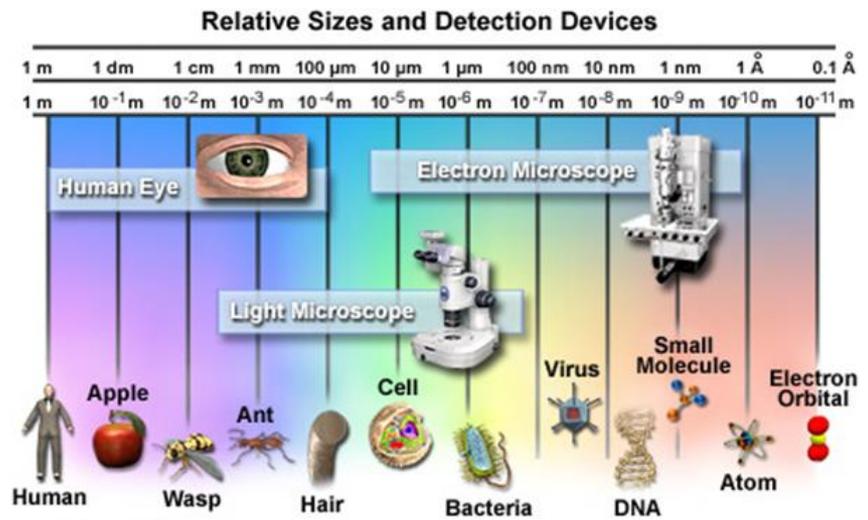
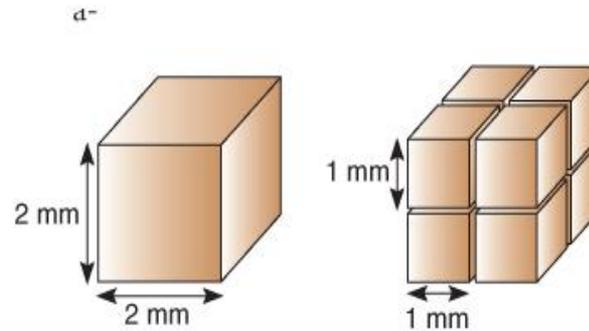


Figure 1

...e anche la superficie è molto importante



Superficie (mm)	Superficie = altezza × larghezza × numero di facce × numero di cubi	24 (2 × 2 × 6 × 1)	48 (1 × 1 × 6 × 8)
Volume (mm)	Volume = altezza × larghezza × lunghezza × numero di cubi	8 (2 × 2 × 2 × 1)	8 (1 × 1 × 1 × 8)
Rapporto superficie/volume	Superficie/Volume	3 (24:8)	6 (48:8)

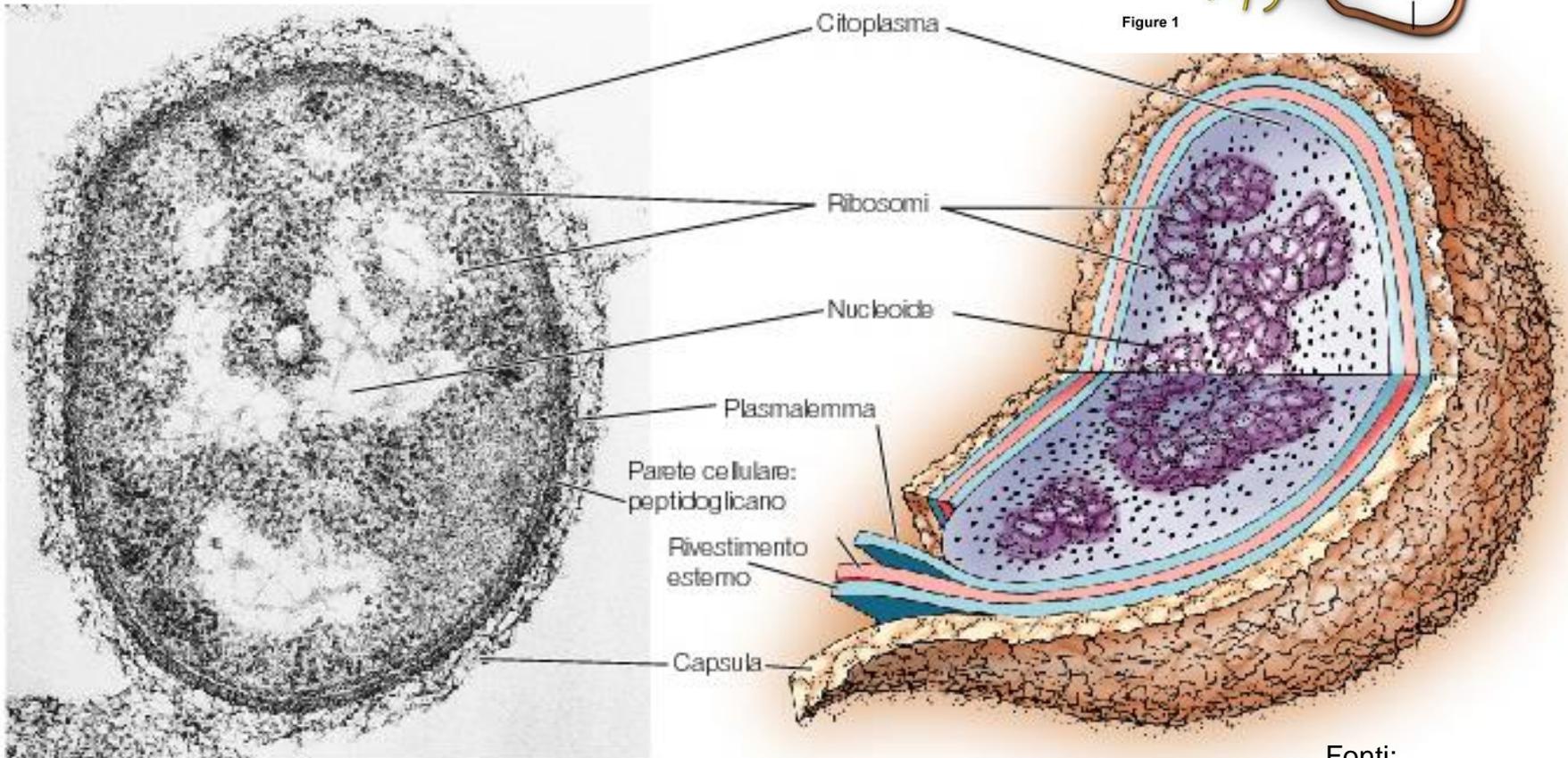
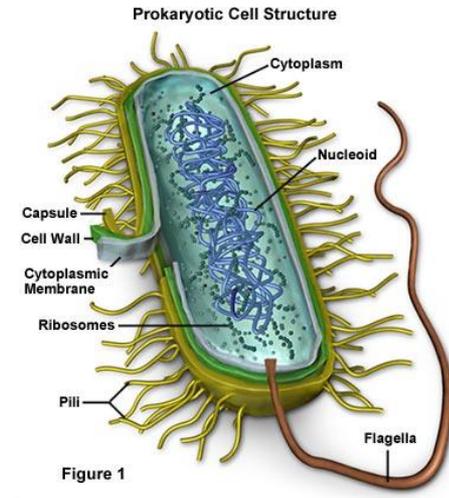
FIGURA 4-2

Rapporto tra superficie e volume.

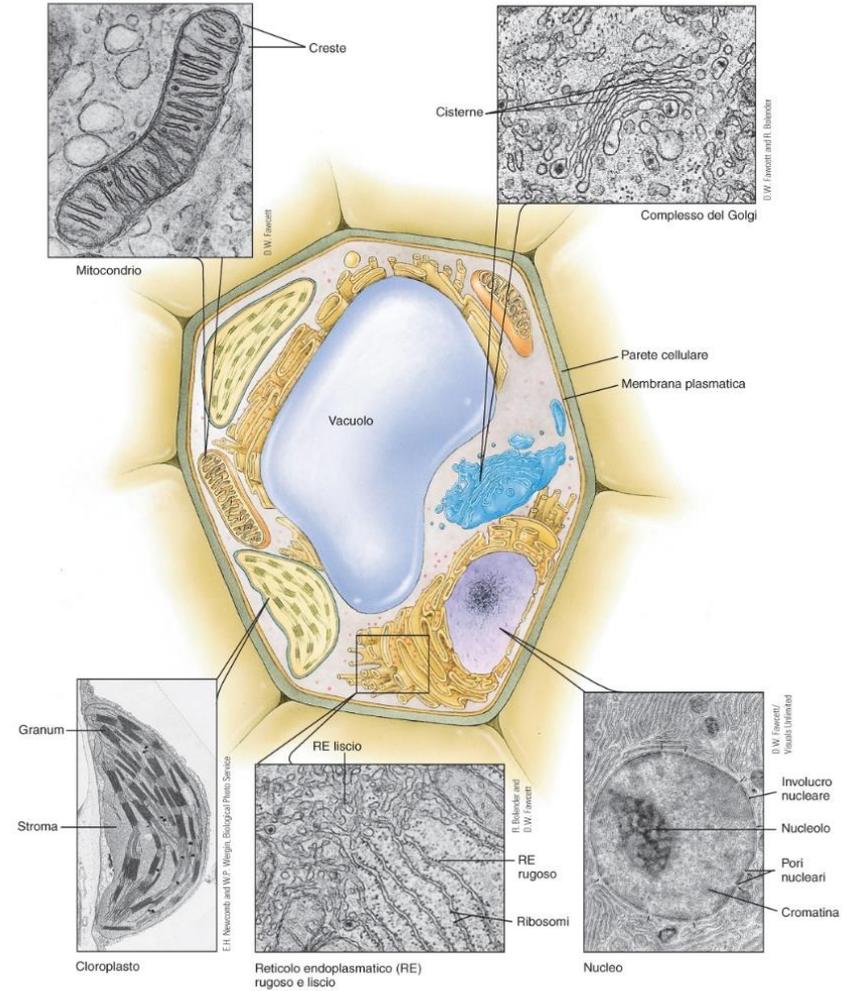
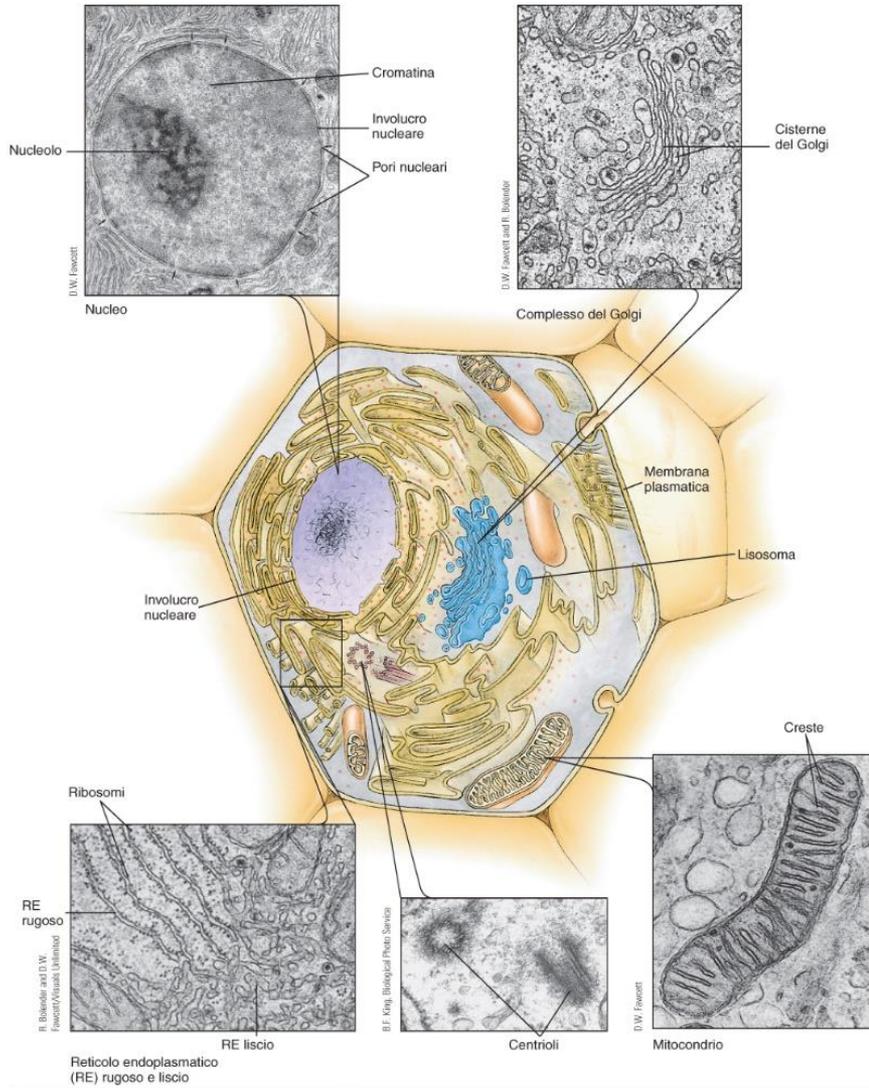
La superficie di una cellula deve essere grande abbastanza rispetto al suo volume per permettere scambi adeguati di materiale con l'ambiente. Benché il volume sia lo stesso, otto cellule piccole hanno una area per volume totale maggiore rispetto a quella posseduta da una grande cellula. Nell'esempio mostrato, il rapporto superficie / volume di otto cubi di 1 mm risulta essere il doppio del singolo cubo grande.

Il rapporto superficie / volume (e quindi l'efficienza degli scambi metabolici) **aumenta** se la struttura biologica **si divide in unità più piccole**

Cellula procariotica

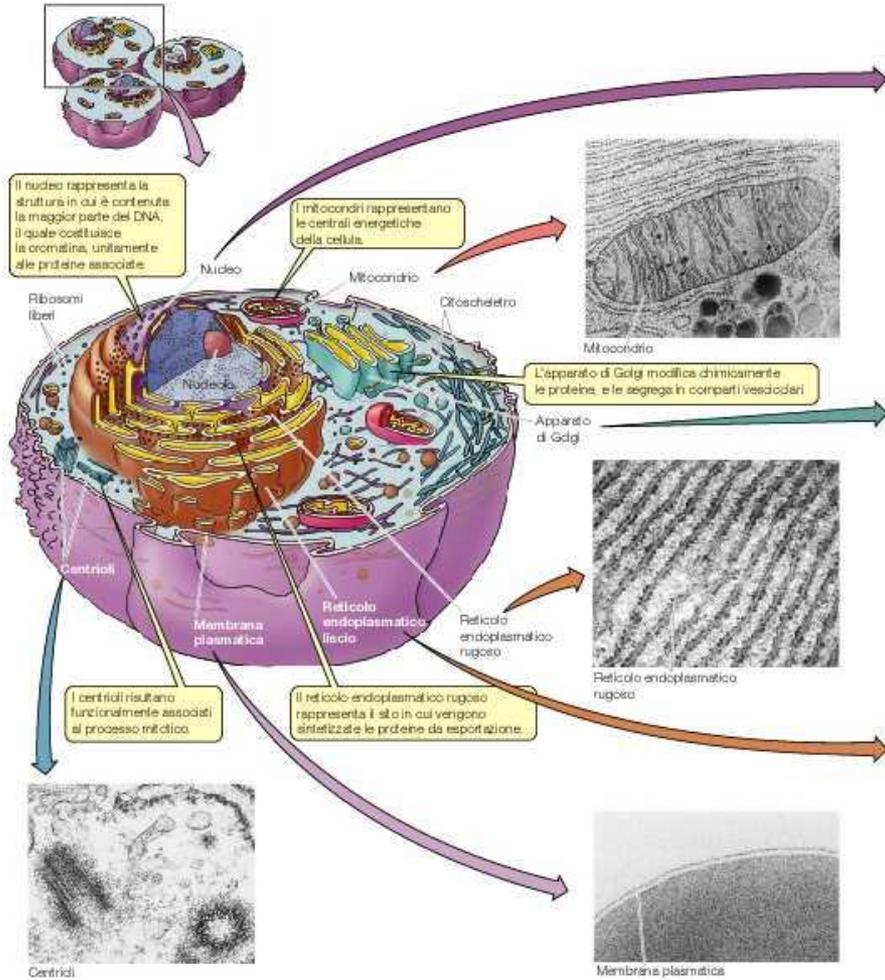


Cellula eucariotica animale e vegetale



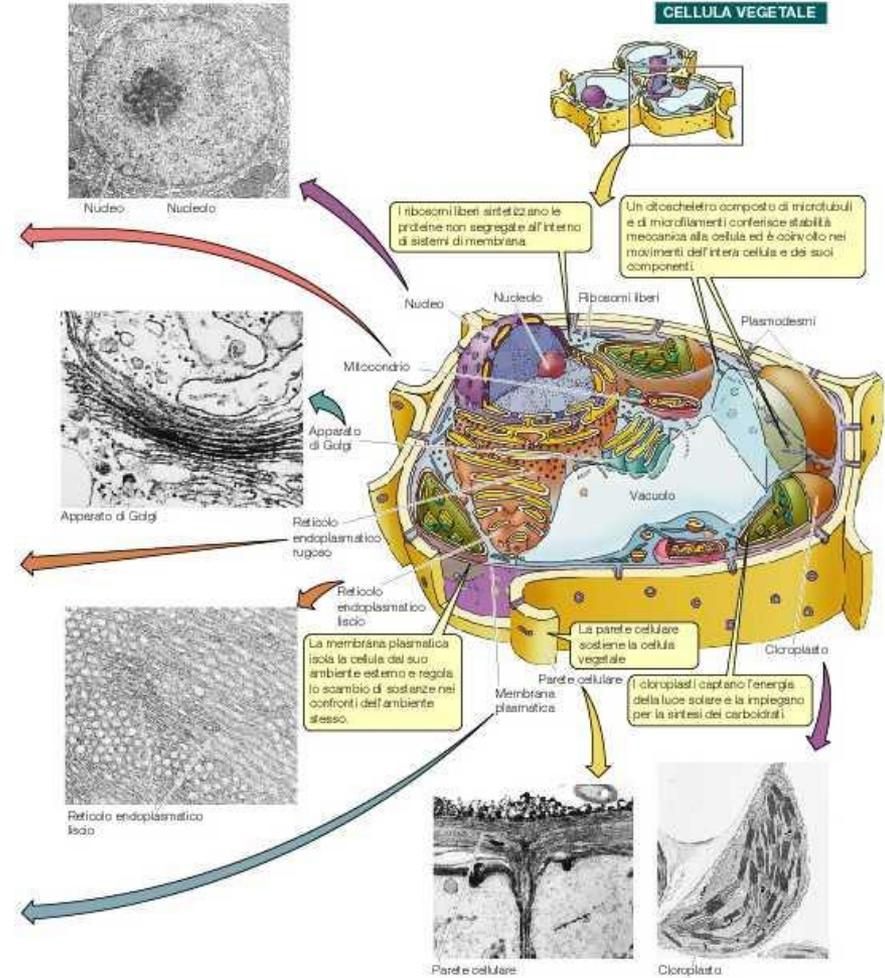
Cellula eucariotica animale

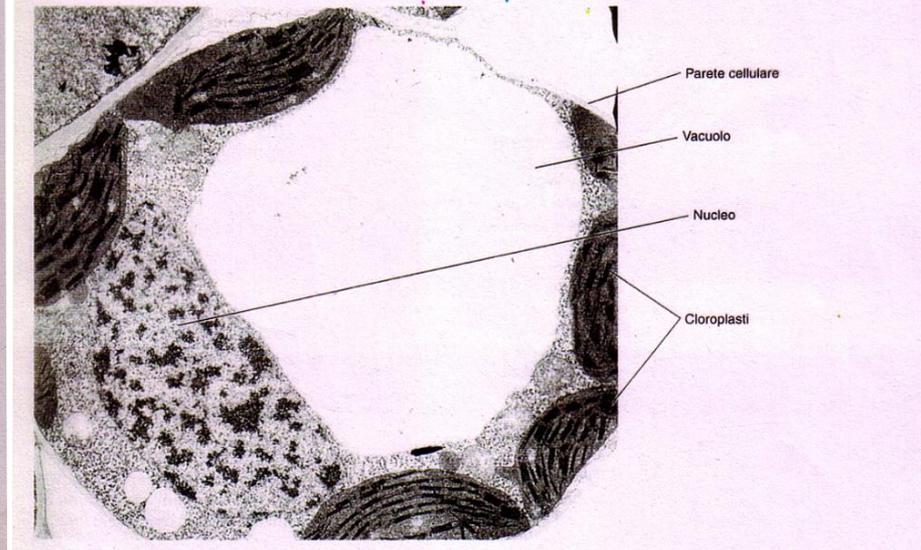
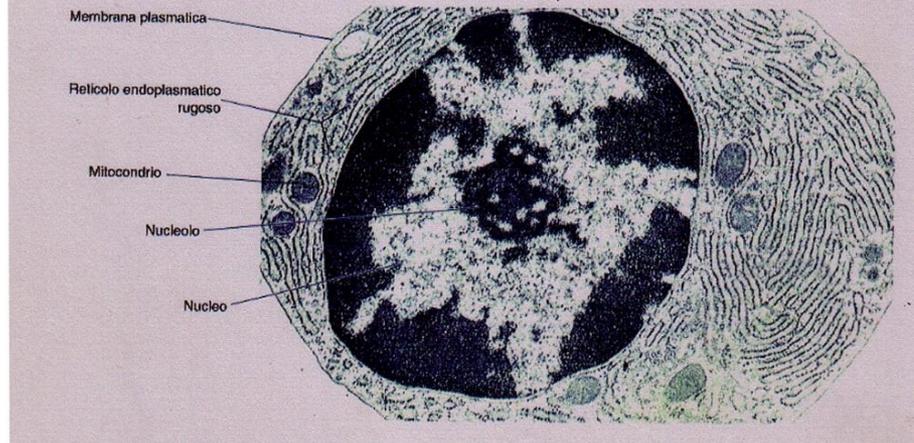
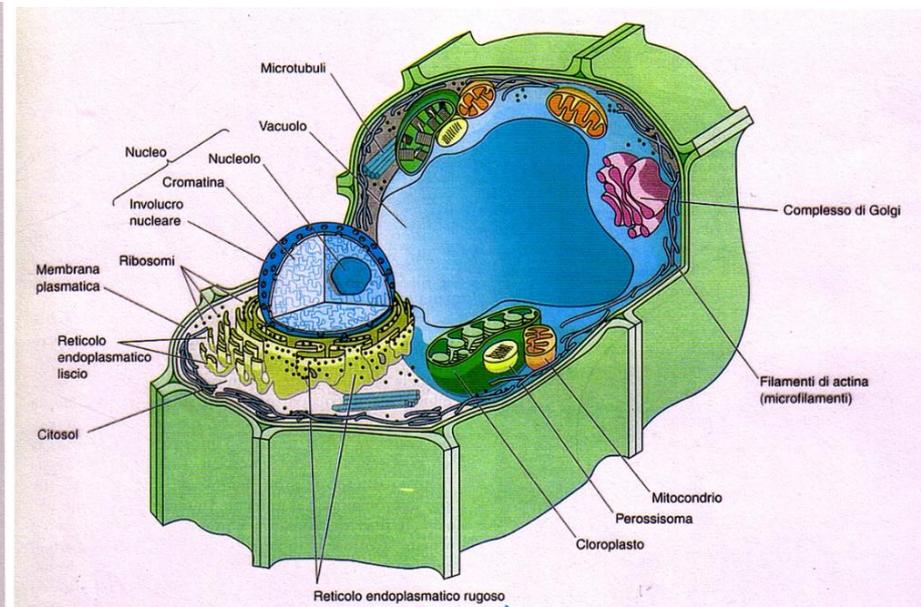
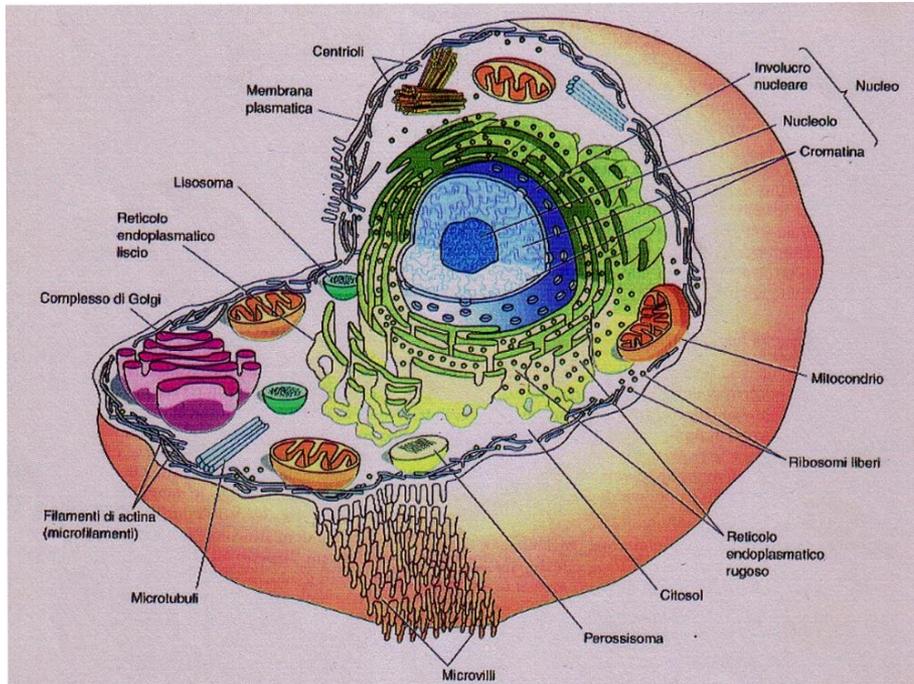
CELLULA ANIMALE



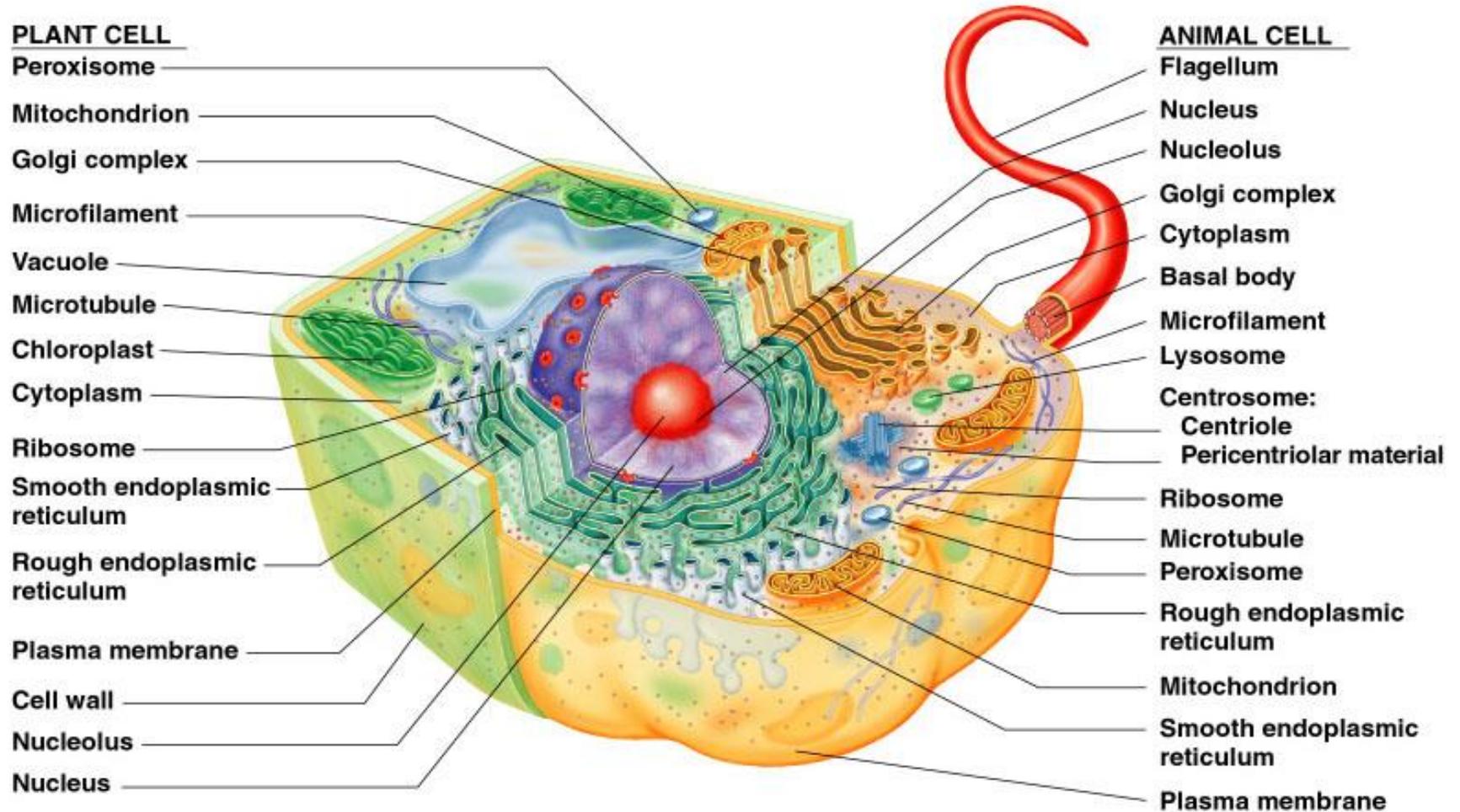
Cellula eucariotica vegetale

CELLULA VEGETALE





Comparazione tra cellula eucariotica vegetale ed animale

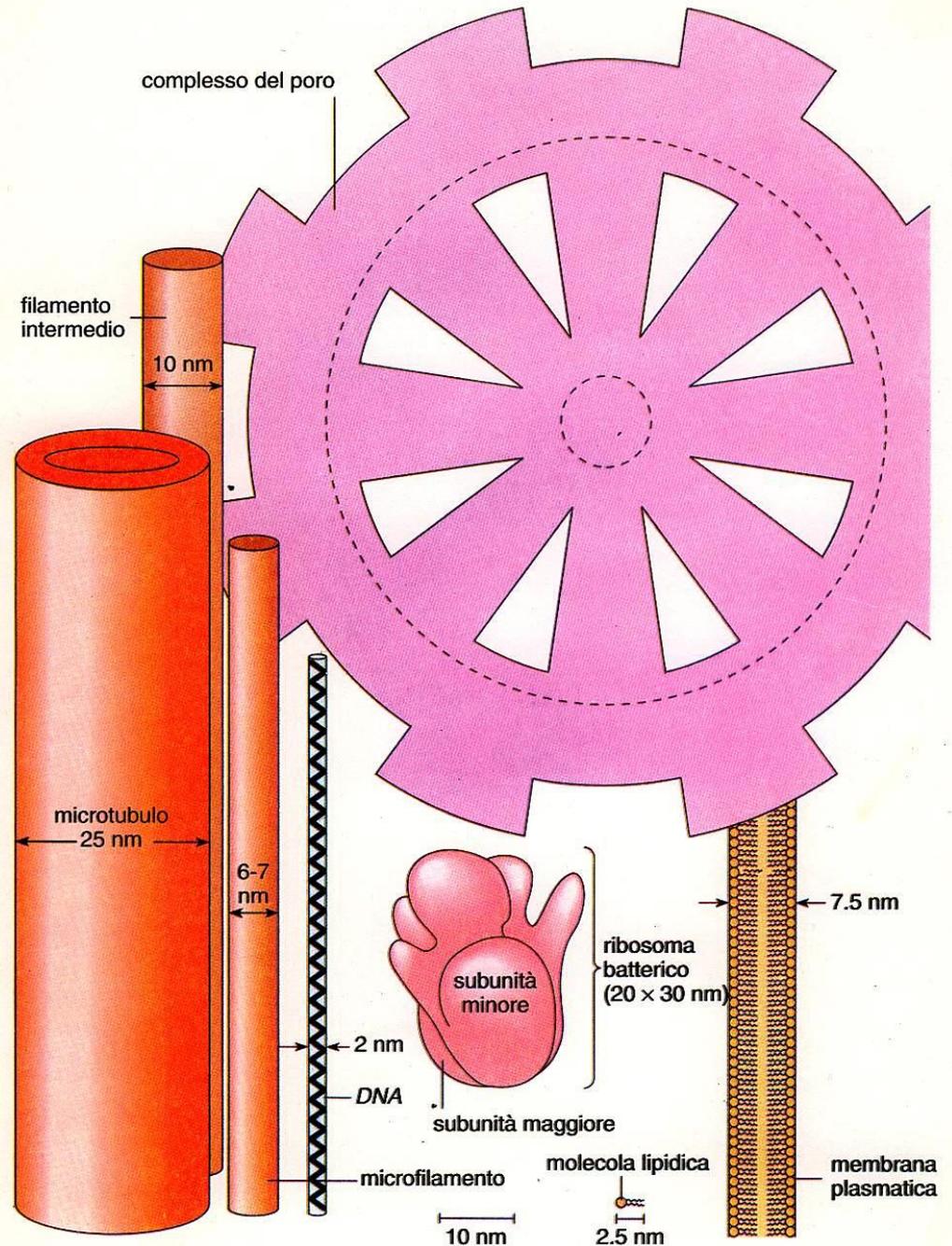


(a) Highly schematic diagram of a composite eukaryotic cell, half plant and half animal

Dimensioni di alcune strutture della cellula eucariotica

(disegnate in modo schematico e visibili nella figura precedente)

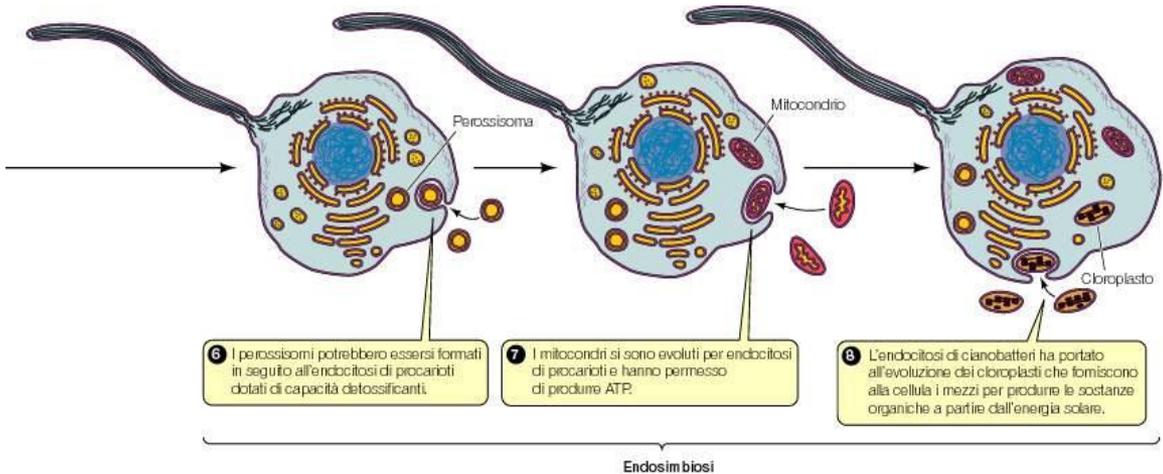
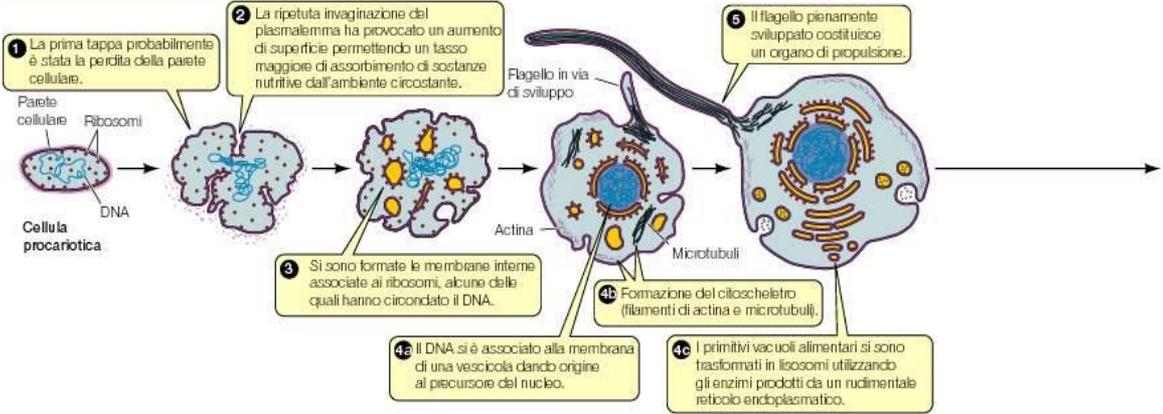
Fonte: Alberts et al., 2012



Origine della cellula eucariotica per **endosimbiosi**:

la teoria di Lynn Margulis (1967)

EVOLUZIONE DELLA CELLULA EUCARIOTICA



Il suo lavoro fondamentale sull'endosimbiosi fu pubblicato nel 1967, dopo essere stato rifiutato da numerose riviste



Lynn Sagan Margulis
(1938-2011)

Docente di Biologia
evoluzionistica all'Università del
Massachusetts

J. Theoret. Biol. (1967) 14, 225-274

On the Origin of Mitosing Cells

LYNN SAGAN

Department of Biology, Boston University
Boston, Massachusetts, U.S.A.

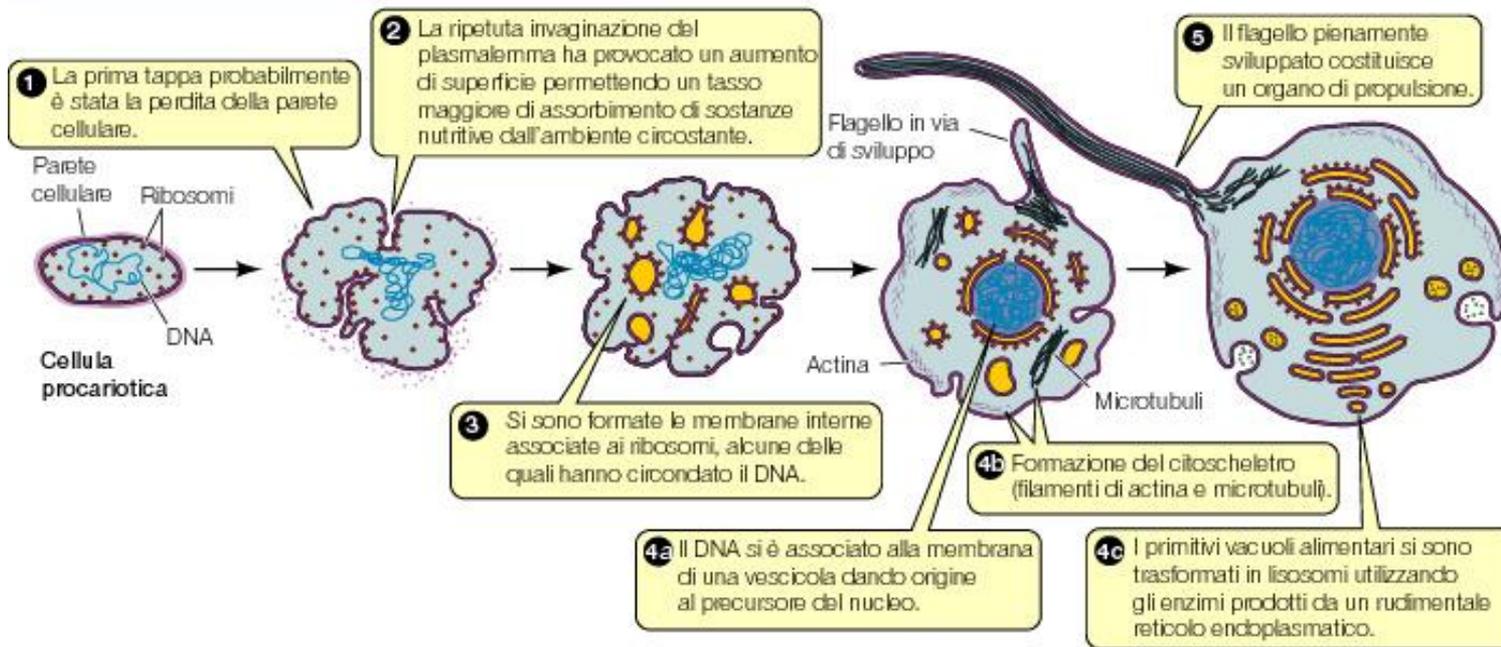
(Received 8 June 1966)

A theory of the origin of eukaryotic cells ("higher" cells which divide by classical mitosis) is presented. By hypothesis, three fundamental organelles: the mitochondria, the photosynthetic plastids and the (9+2) basal bodies of flagella were themselves once free-living (prokaryotic) cells. The evolution of photosynthesis under the anaerobic conditions of the early atmosphere to form anaerobic bacteria, photosynthetic bacteria and eventually blue-green algae (and protoplasts) is described. The subsequent evolution of aerobic metabolism in prokaryotes to form aerobic bacteria (proto-flagella and protomitochondria) presumably occurred during the transition to the oxidizing atmosphere. Classical mitosis evolved in protozoan-type

Endosimbiosi I:

compartimentazione di membrana e isolamento del DNA
(probabile origine del nucleo eucariotico)

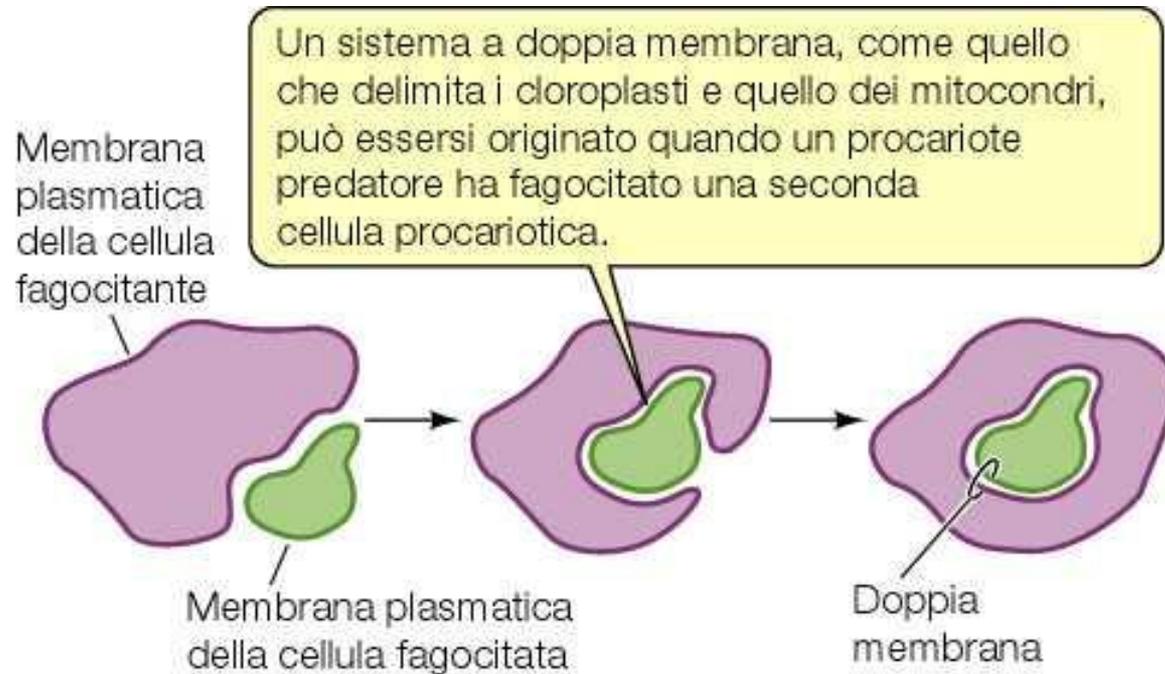
EVOLUZIONE DELLA CELLULA EUCARIOTICA



Fonti: Sagan, J. Theor. Biol. 1967
Sadava et al., 2014; 2019

Endosimbiosi II:

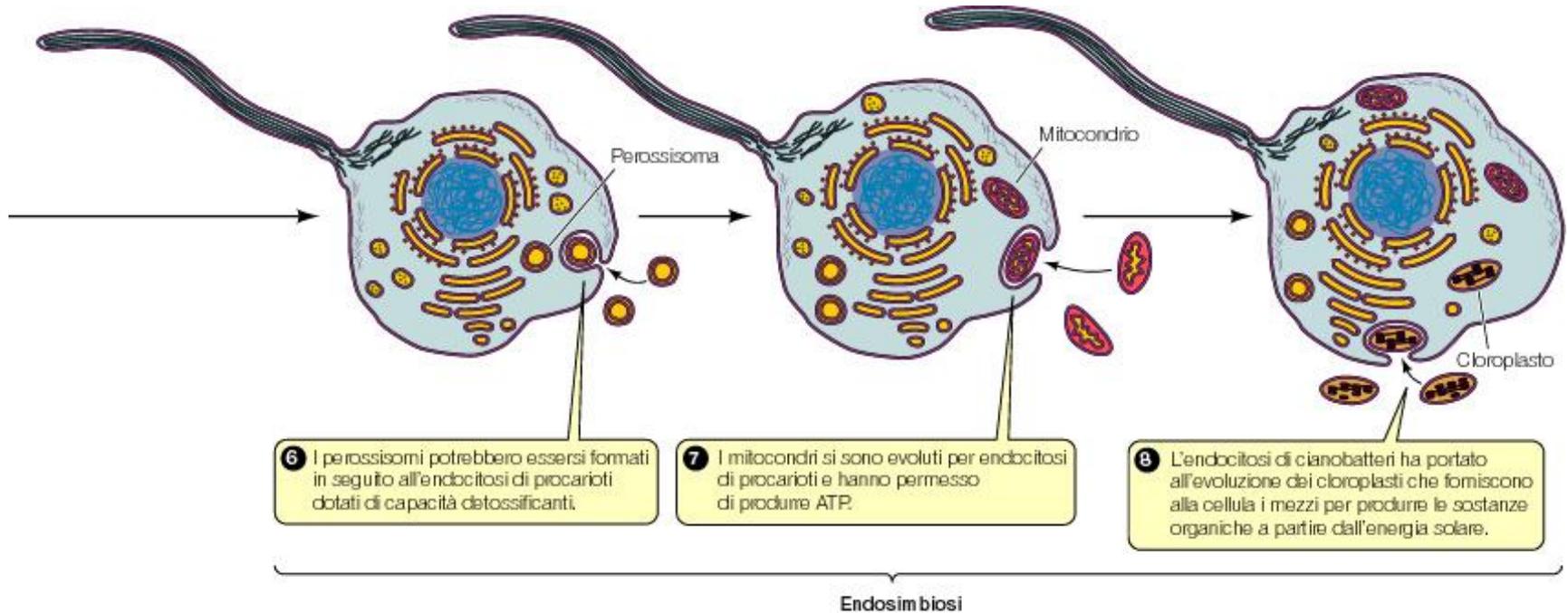
origine degli organelli eucariotici,
probabilmente tramite fagocitosi e/o parassitismo



La relazione tra una cellula fagocitante e la sua preda procariotica (oppure tra un procariota parassita ed il suo ospite) si è infine **stabilizzata come simbiosi**

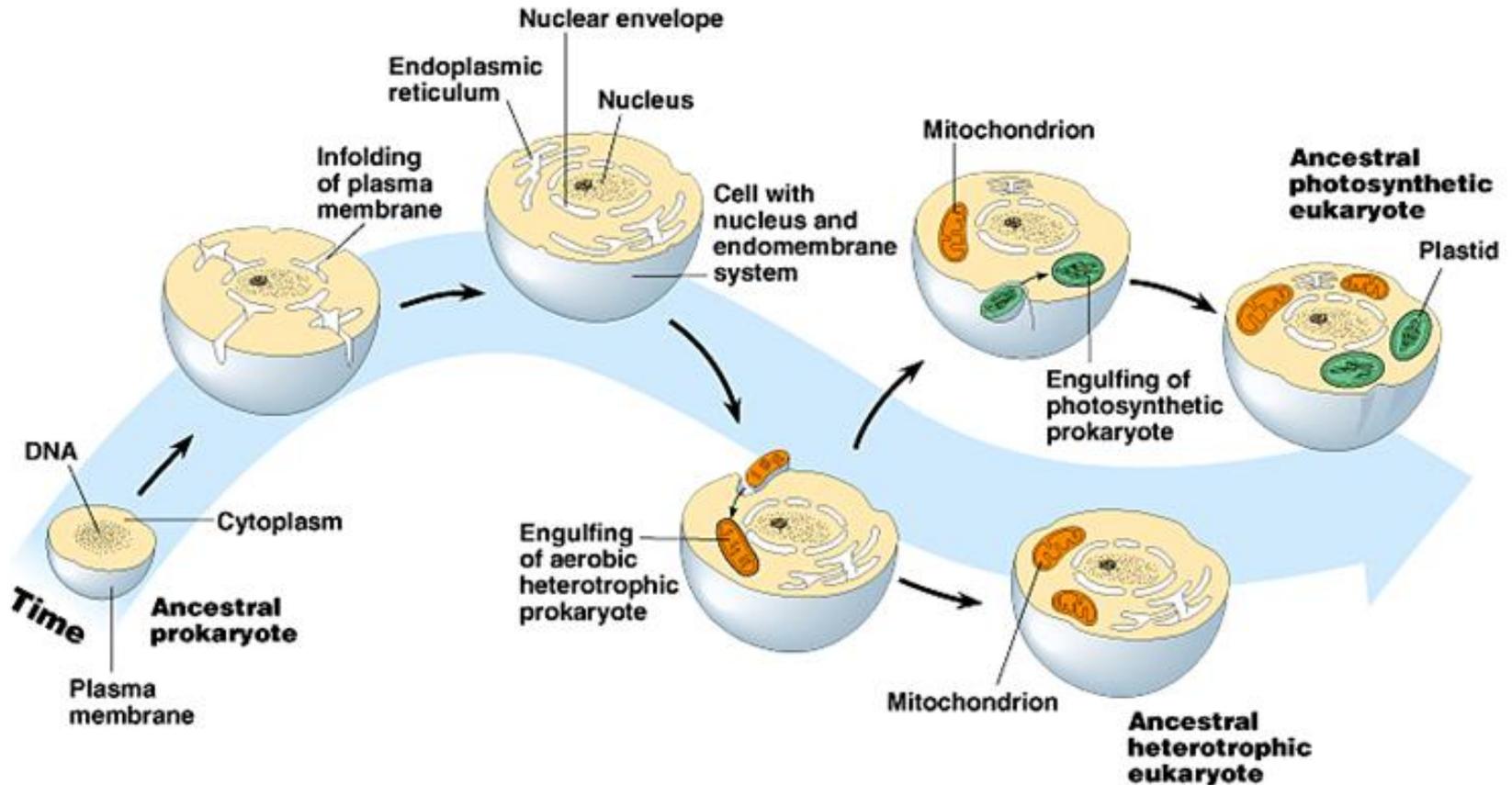
Endosimbiosi II:

acquisizione di Procarioti non fotosintetici (eubatteri) e fotosintetici (cianobatteri) e formazione degli organelli



Fonti: Sagan, J. Theor. Biol. 1967; Margulis, PNAS 1995
Sadava et al., 2014; 2019

Riassunto degli eventi che hanno determinato l'origine della cellula eucariotica tramite endosimbiosi



L'origine della cellula eucariotica per endosimbiosi ha permesso l'evoluzione e la diversificazione dei **sei Regni di viventi** sulla Terra

Eucarioti pluricellulari:

Piante, Funghi, Animali

Eucarioti unicellulari:

Protisti

Procarioti (unicellulari):

Archaea

Eubacteria (Batteri)

