

1.1 Origini e proprietà dei sistemi viventi

Origini della vita sulla Terra

- Intervallo temporale: ~4,2-3,8 Ga (miliardi di anni fa)
- Formazione Terra: 4,54 Ga
- Oceani stabili: ~4,4-4,3 Ga
- **Last Universal Common Ancestor (LUCA):** ~4,2 Ga (intervallo 4,09-4,33 Ga)
 - » Genoma stimato: $\geq 2,5$ Mb (fino a 2,99 Mb)
 - » ~2600 proteine
 - » Probabile metabolismo: anaerobico acetogeno / chemoautotrofo ($H_2 + CO_2$)
 - » Ambiente: sorgenti idrotermali alcaline, pozze

Evidenze

- Fossili microbici: Stromatoliti Pilbara (~3,48 Ga), Apex Chert (~3,465 Ga), formazioni ferro-banded (~3,77 Ga)
- Biomarcatori isotopici ($\delta^{13}C$, $\delta^{34}S$)

Transizione dalla chimica prebiotica alla vita

- Esperimento Miller-Urey (1953) → sintesi aminoacidi
- Nuovi meccanismi: *microlightning* in aerosol, catalisi su vetri basaltici, borati + cianuro
- Ipotesi dominante: **mondo a RNA (RNA world)**
 - » RNA = informazione genetica + catalizzatore (ribozimi)
 - » Risolve dilemma "uovo-gallina" (DNA vs. proteine)

Proprietà fondamentali dei sistemi viventi (definizione NASA)

- Organizzazione gerarchica (molecole → cellule → organismi → ecosistemi)
- Metabolismo aperto (scambio energia/materia)
- Omeostasi
- Crescita e sviluppo
- Riproduzione con ereditarietà (replicazione imperfetta)
- Risposta agli stimoli
- Evoluzione tramite variazione ereditabile + selezione naturale
- Adattamento

Caratteristiche termodinamiche

- Sistema lontano dall'equilibrio
- Genera ordine locale (entropia negativa) dissipando energia ambientale

1.2 La cellula come unità della vita

Teoria cellulare (XIX secolo)

- Schleiden (1838-39) → tessuti vegetali fatti di cellule
- Schwann → estende agli animali
- Virchow (1855) → Omnis cellula e cellula (ogni cellula deriva da una cellula preesistente)
- **Due domini principali di organizzazione cellulare**

1. Procarioti (*Bacteria + Archaea*)

- Unicellulari, senza nucleo definito (nucleoide)
- DNA circolare + plasmidi
- Ribosomi 70S
- Parete cellulare: peptidoglicano (*Bacteria*) o pseudopeptidoglicano/proteine (*Archaea*)
- Dimensioni: 0,1-5 μm (alcuni giganti o nanobatteri)
- Metabolismo estremamente versatile (aerobi, anaerobi, estremofili)
- Ruolo ecologico: cicli biogeochimici (azoto, carbonio, zolfo, metano)

2. Eucarioti (*Eukarya*)

- Nucleo vero con doppia membrana e pori nucleari
- DNA lineare + istoni → cromosomi
- Ribosomi 80S
- Organelli membranosi: mitocondri, cloroplasti (nelle piante), reticolo endoplasmatico (RE), Golgi, lisosomi, perossisomi, vacuolo
- Citoscheletro sviluppato (microtubuli, actina, filamenti intermedi)
- Dimensioni maggiori: 10-100 μm (fino a metri in neuroni)
- Spesso multicellulari con differenziazione

Teoria Endosimbiotica (Lynn Margulis, 1967)

- Teoria Endosimbiotica (Lynn Margulis, 1967)
- Origine mitocondri → endosimbiosi di α -proteobatteri
- Origine cloroplasti → endosimbiosi di cianobatteri
- Evidenze: genomi circolari, ribosomi 70S-like, doppie membrane, filogenesi batterica
- Eventi endosimbiotici multipli (secondari e terziari)

Significato evolutivo

- Compartimentalizzazione → maggiore efficienza metabolica e regolazione
- Abilitazione della multicellularità, sessualità e complessità

1.3 Evoluzione darwiniana

Teoria Darwiniana (1859) - *L'origine delle specie*

- Principi fondamentali:
 1. Variazione individuale
 2. Ereditarietà delle variazioni
 3. Lotta per l'esistenza (risorse limitate)
- Meccanismo: **selezione naturale** → sopravvivenza e riproduzione differenziale
- Analogia: selezione artificiale degli allevatori
- Esempi: becchi fringuelli Galápagos, resistenza antibiotici

Sintesi Moderna (Neodarwinismo, 1930-1940)

- Integrazione tra selezione naturale e genetica mendeliana
- Principali contributori: Fisher, Haldane, Wright, Dobzhansky, Mayr
- Evoluzione = cambiamento nelle frequenze alleliche nelle popolazioni
- Forze evolutive:
 - » Mutazione (fonte di nuova variazione)
 - » Selezione naturale
 - » Deriva genetica
 - » Flusso genico
- Equazione di Hardy-Weinberg come modello di equilibrio

Extended Evolutionary Synthesis (EES) - anni 2000-2020

- Quadro più inclusivo (non sostitutivo)
- Concetti aggiuntivi:
 - » **Developmental bias** (plasticità e canalizzazione dello sviluppo)
 - » **Niche construction** (organismi modificano l'ambiente)
 - » **Ereditarietà inclusiva / non-genetica** (epigenetica, ecologica, culturale)
 - » Causalità reciproca organismo-ambiente
- Livelli multipli di evoluzione (molecolare → ecosistemico)
- Applicazioni: evo-devo, evoluzione rapida, risposte al cambiamento climatico

Dibattito attuale

- Complementare vs. rivoluzionario
- Critici: Dawkins, Coyne
- Sostenitori: Laland, Pigliucci, Jablonka, Noble

1.4 One Health e concetti moderni

Definizione One Health

- Approccio integrato e unificante
- Obiettivo: ottimizzare in modo sostenibile la salute di **persone, animali, piante ed ecosistemi**
- Riconosce l'interdipendenza stretta tra salute umana, animale e ambientale

:

Quadripartite (FAO + UNEP + WHO + WOAH)

- *MoU* rinnovato 3 febbraio 2026 (fino al 2030)
- One Health Joint Plan of Action (2022-2026)

:

Storia

- Radici: Rudolf Virchow (zoonosi)
- 2004: Manhattan Principles
- 2010: Tripartite (FAO-WHO-WOAH)
- 2022: Quadripartite (aggiunta UNEP)
- 2026: Rinnovo *MoU* + enfasi su AMR, *preparedness* pandemica, resilienza

:

Pilastrini principali

1. Comunicazione
2. Collaborazione
3. Coordinamento
4. *Capacity building*

:

Sfide affrontate

- Zoonosi (>75% malattie emergenti umane)
- Resistenza antimicrobica (AMR)
- Sicurezza alimentare
- Cambiamenti climatici e vettori
- Perdita di biodiversità
- Inquinamento (microplastiche, ecc.)

:

Esempi di implementazione

- Vaccinazioni di massa contro la rabbia
- Sorveglianza integrata (GLEWS+)
- Programmi nazionali (USA 2025-2029, Vietnam, India, Rwanda, Uganda)
- Soluzioni *nature-based* e agroecologia

:

Obiettivi strategici

- *Preparedness* pandemica
- Riduzione rischi spillover
- Resilienza ecosistemica
- Allineamento con i *Sustainable Development Goals* (SDGs)