

corso di
ASTROBIOLOGIA
lezione 3

Modulo prof. Paola Di Donato
paola.didonato@uniparthenope.it

*Non abbiamo una definizione univoca di **vita** tuttavia possiamo elencare le caratteristiche comuni alle forme di vita che conosciamo, di cui possiamo descrivere l'organizzazione ed il funzionamento*

ARGOMENTI

- Varianti genetiche e mutazioni
- La selezione naturale
- Il precursore unico

- **Varianti genetiche e mutazioni**

Gene: sequenza di nucleotidi che codifica una specifica funzione

Allele: le possibili varianti in cui i geni possono presentarsi in un cromosoma, per cui in una cellula diploide i due cromosomi omologhi hanno gli stessi geni, ma possono presentare alleli diversi. Per esempio alleli che generano piante con fiori rossi o bianchi. Uno dei due alleli può (ma non necessariamente) essere dominante.

- **Varianti genetiche e mutazioni**

Il processo di **crossing-over** permette una maggiore varietà di individui, producendo cellule figlie con combinazioni diverse di sequenze di geni.

Questo processo non è completamente casuale: nel crossing-over geni vicini tra loro nello stesso cromosoma restano legati più strettamente di quelli situati più lontano e questo fatto è responsabile della frequenza non perfettamente casuale di combinazioni genetiche in una popolazione, per cui alcuni caratteri distintivi di un individuo si trasmettono insieme

Il processo di crossing-over determina la ricombinazione: tramite esso gli alleli di tanto in tanto si scambiano il cromosoma; in altre parole, si rompe l'associazione fra geni che si trovano vicini sullo stesso cromosoma

- **Varianti genetiche e mutazioni**

Le mutazioni possono essere

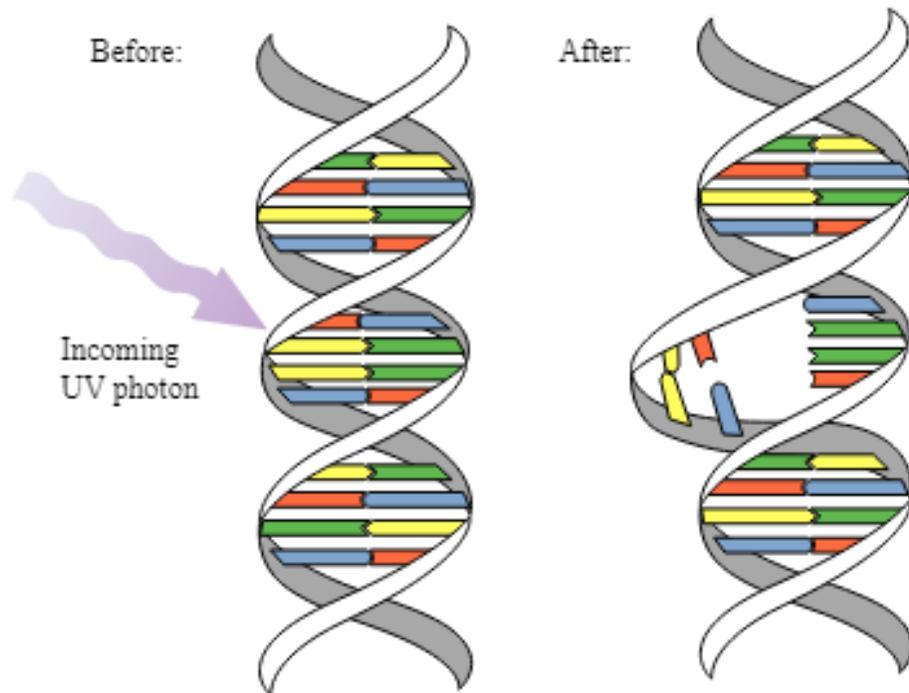
Spontanee: derivano da riproduzioni casuali della sequenza del DNA e/o dell'RNA, si verificano con un tasso pari a 10^{-8} ovvero 1 ogni 100 milioni di duplicazioni; nei mitocondri avvengono con una frequenza maggiore ovvero 10^{-5}

Causate da agenti esterni: è il caso ad esempio delle sostanze mutagene o delle radiazioni ionizzanti (UV, raggi X e raggi γ , radiazioni cosmiche)

- **Varianti genetiche e mutazioni**

Le mutazioni possono essere

Causate da agenti esterni: è il caso ad esempio delle sostanze mutagene o delle radiazioni ionizzanti (UV, raggi X e raggi γ , radiazioni cosmiche)



Es. fotodimerizzazione delle basi del DNA causata dai raggi UV

- **Varianti genetiche e mutazioni**

Le variazioni sono il frutto anche di fenomeni di adattamento alle condizioni ambientali, anche esse in evoluzione nel corso dei millenni, e sono alla base della cosiddetta selezione naturale

La varietà dei fenotipi trasmessi dal genoma, come per esempio i capelli biondi o neri, gli occhi azzurri o castani, la pelle bianca o nera, è una strategia importantissima per la sopravvivenza di una specie in un ambiente che cambia

Genotipo: i caratteri genetici

Fenotipo: la espressione esterna dei caratteri genetici quali la morfologia o la fisiologia del singolo individuo prodotta da esso

- La selezione naturale

L'evoluzione per selezione naturale si basa su tre principi:

- **variabilità:** gli individui differiscono per morfologia, fisiologia, comportamento. La variazione creata per mutazione ma soprattutto per combinazioni genetiche crea nuovi genotipi che producono, tramite lo sviluppo degli organismi, i tratti fenotipici su cui agisce la selezione.
- **ereditarietà:** la variazione suddetta è geneticamente trasmissibile, per cui la prole assomiglia di più ai genitori che ad altri individui della popolazione.
- **selezione naturale:** tra le diverse varianti alcune producono più discendenti a breve o a lungo termine, cioè nelle generazioni future.

- La selezione naturale

Essa agisce attraverso:

- la **selezione ambientale**: in un ambiente che cambia, gli organismi si adattano alle caratteristiche del luogo in cui vivono o le modificano per sopravvivere
- la **competizione intraspecifica**: si verifica tra individui della stessa specie per l'alimentazione o per la riproduzione
- la **competizione extraspecifica**: si verifica tra prede e predatori o raccoglitori di cibo con capacità diverse.

- **Varianti genetiche e mutazioni**

L'insieme delle varianti genetiche e delle mutazioni ha generato la diversità che caratterizza la BIOSFERA, ovvero il complesso degli esseri viventi che popolano il nostro pianeta.

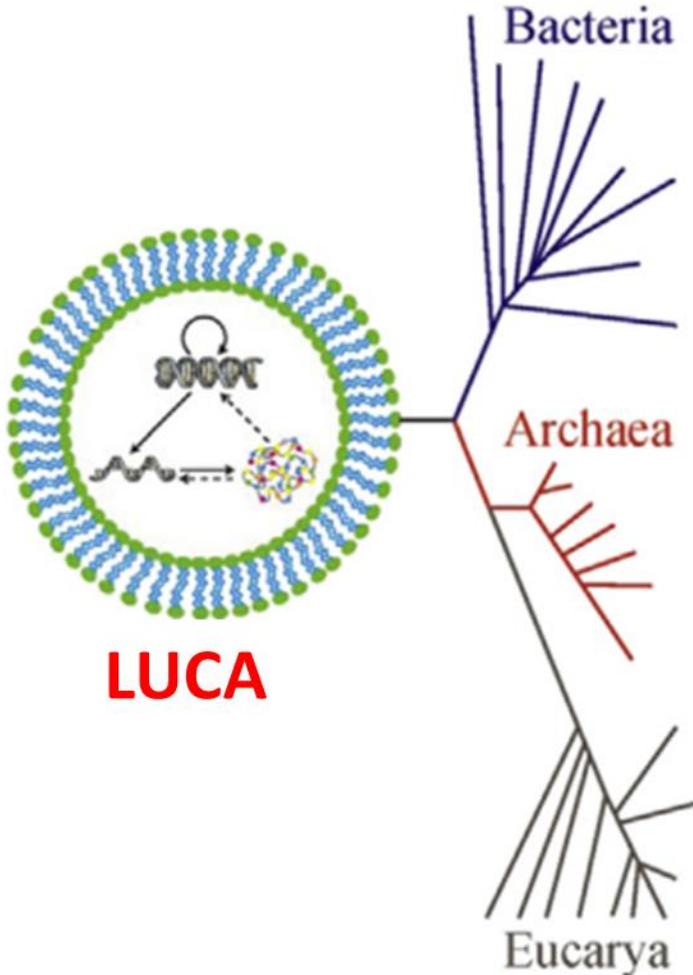
Tuttavia numerose sono le affinità tra le diverse forme di vita terrestri, tracciando le quali (ad es. molecole come il citocromo C, l'RNA ribosomiale, il DNA mitocondriale, et cetera) è possibile verificare che le specie attuali sono progressivamente imparentate andando indietro nel tempo.

Seguendo tale percorso indietro nel tempo muovendosi lungo l'albero genetico che include gli eucarioti, gli archeobatteri ed i batteri, si converge verso un antenato comune:

LUCA

Last Universal Common Ancestor

- Il precursore unico



Quali potrebbero essere state le caratteristiche di **LUCA**?

Molto probabilmente quelle che oggi sono essenziali alla vita, come:

- La compartimentazione grazie alle membrane cellulari
- Il codice genetico
- Il macchinario molecolare per l'espressione del codice genetico (RNA transfer, ribosomi, amminoacidi)
- La omochiralità di componenti essenziali quali amminoacidi o zuccheri (che a loro volta sono costituenti dei nucleotidi e quindi degli acidi nucleici)

- Il precursore unico

In che modo si possono essere originate le membrane cellulari?

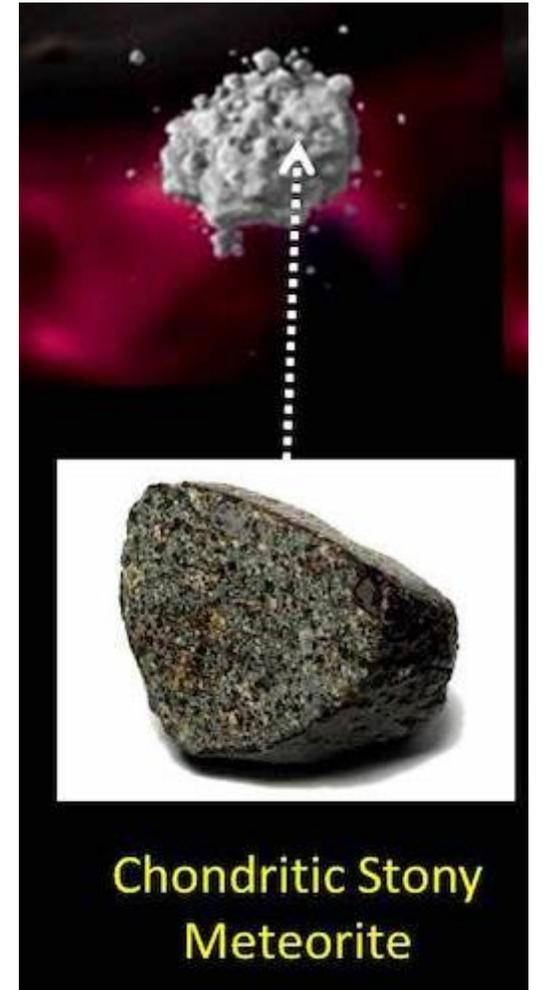
Prima della comparsa di tutto l'apparato molecolare necessario per la sintesi dei lipidi, che a loro volta costituiscono le membrane, in che modo si sono formati i lipidi?

Ipotesi: dagli idrocarburi presenti nelle condriti carbonacee?

- Il precursore unico

CONDRIITI CARBONACEE: meteoriti che presentano una composizione chimica simile agli elementi meno volatili presenti nel Sole e che si ritiene rispecchi assai bene (salvo che per gli elementi come idrogeno, elio, azoto, carbonio e ossigeno) quella della nube di gas da cui ha tratto origine il sistema solare; pertanto, da esse si possono ottenere utilissime informazioni sulle abbondanze primordiali di numerosi elementi.

Esse sono così chiamate perché contengono numerosi e minuscoli corpi (*condrule*) e per l'elevato contenuto di Carbonio. In alcune di esse, come in quella caduta a Murchison (Australia) nel 1969, sono stati identificati *amminoacidi*.



- Il precursore unico

In che modo si possono essere originate le membrane cellulari?

Ipotesi: dagli idrocarburi presenti nelle condriti carbonacee? (**origine abiotica**)

Tali idrocarburi polari presentano una catena di tipo C10 e potrebbero assemblarsi in un doppio strato lipidico dando luogo a vescicole lipidiche, all'interno delle quali si potrebbero accumulare le biomolecole fondamentali alla vita

Tuttavia si dimostra che catene di lunghezza al di sotto dei 14 atomi di C danno luogo a vescicole che sono troppo permeabili e quindi non garantiscono una adeguata compartimentazione

Sono necessarie catene più lunghe per garantire il passaggio di piccole molecole (nucleotidi o amminoacidi) e nel contempo impedire il passaggio di molecole più grandi

- Il precursore unico

In che modo si possono essere originate le membrane cellulari?

Lunghezza dei lipidi delle membrane delle cellule che attualmente popolano il nostro pianeta

Scheletro Carbonioso	Nome comune
12:0	Acido laurico
14:0	Acido miristico
16:0	Acido palmitico
18:0	Acido stearico
20:0	Acido arachidico
24:0	Acido lignocerico
16:1 (Δ^9)	Acido palmitoleico
18:1 (Δ^9)	Acido oleico
18:2 ($\Delta^{9,12}$)	Acido linoleico
18:3 ($\Delta^{9,12,15}$)	Acido α-linolenico
20:4 ($\Delta^{5,8,11,14}$)	Acido arachidonico

- Il precursore unico

In che modo si possono essere originate le membrane cellulari?

Una volta che le membrane primordiali si sono formate da precursori di origine abiotica, in che modo le cellule hanno iniziato a produrre i lipidi ovvero quale è la via metabolica da cui ha avuto inizio la biosintesi dei lipidi?



Dilemma: la composizione chimica delle membrane degli Archaeobatteri è molto diversa da quella di Eucarioti e Batteri

- Il precursore unico

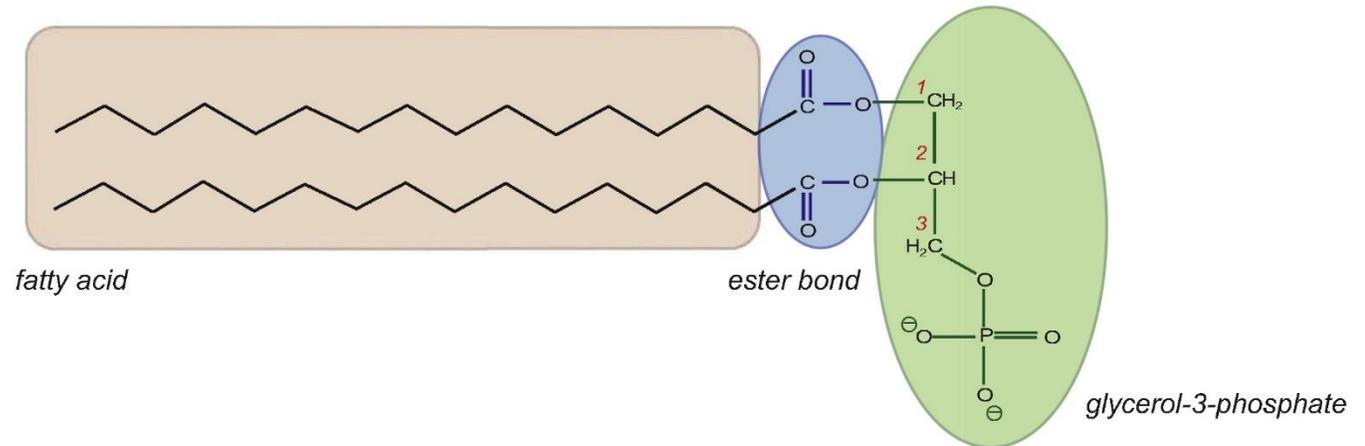
In che modo si possono essere originate le membrane cellulari?

Dilemma: la composizione chimica delle membrane degli Archaeobatteri è molto diversa da quella di Eucarioti e Batteri



Eucarioti e Batteri

Bacteria



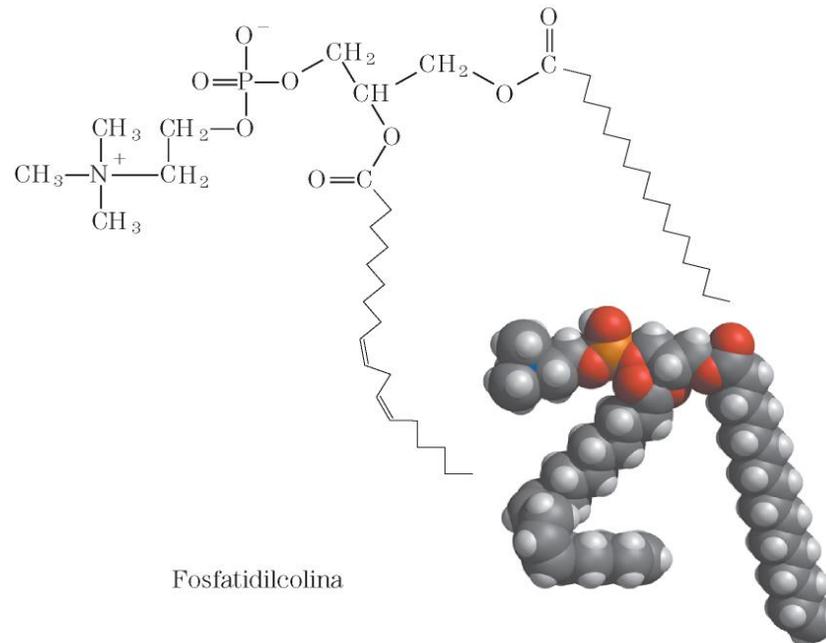
- Il precursore unico

In che modo si possono essere originate le membrane cellulari?

Dilemma: la composizione chimica delle membrane degli Archaeobatteri è molto diversa da quella di Eucarioti e Batteri



Eucarioti e Batteri



Fosfatidilcolina

- Il precursore unico

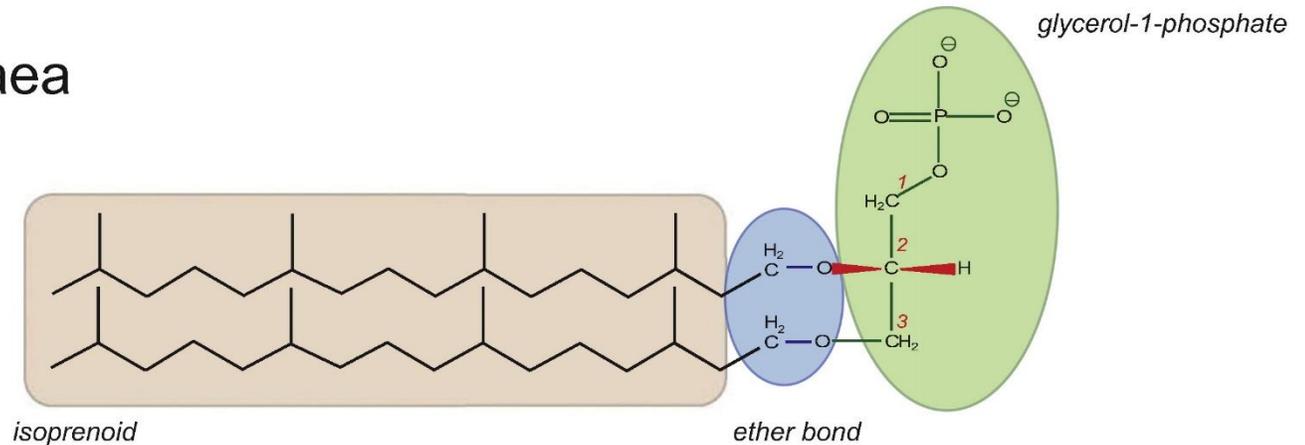
In che modo si possono essere originate le membrane cellulari?

Dilemma: la composizione chimica delle membrane degli Archaeobatteri è molto diversa da quella di Eucarioti e Batteri



Archaeobatteri

Archaea



- **Il precursore unico**

In che modo si possono essere originate le membrane cellulari?

Ipotesi: secondo alcuni geochimici, i primi processi che hanno dato luogo alla vita non sono avvenuti all'interno di membrane di tipo lipidico, bensì la compartimentazione è stata garantita da **superfici inorganiche** (argille o minerali) sulle quali poi si sono assemblate strutture di tipo cellulare

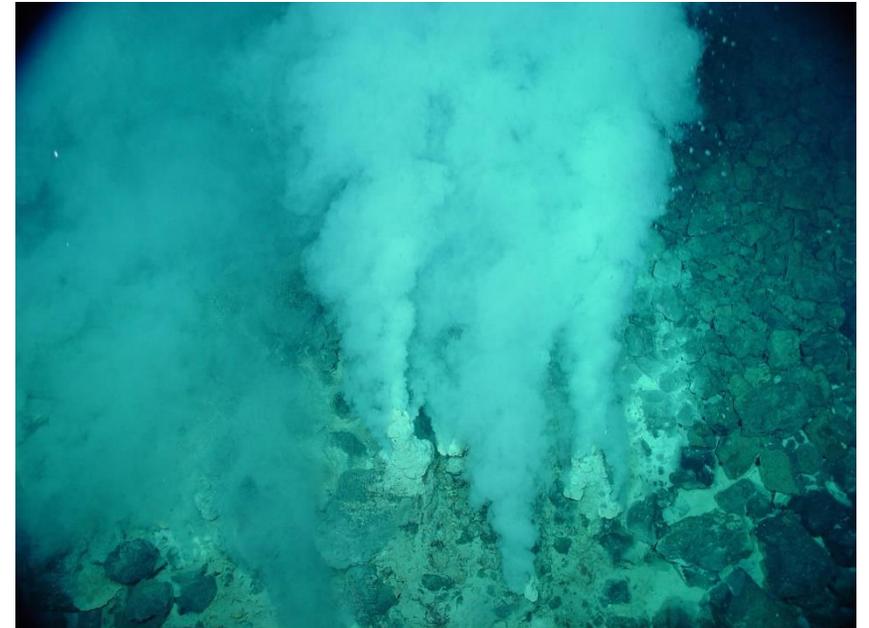
Tali superfici hanno agito da catalizzatori prima delle reazioni di formazione delle unità costitutive dei biopolimeri (amminoacidi e nucleotidi), e poi della loro successiva polimerizzazione per dare luogo a proteine e acidi nucleici.

- Il precursore unico

In che modo si possono essere originate le membrane cellulari?

Esempio di **superficie**: metallo solfuri (FeS ad esempio) che costituiscono strutture quali camini idrotermali che si trovano sul fondo degli oceani.

Martin and Russell (2002), Koonin and Martin (2005), and Brown suggeriscono che le strutture porose, simili a camini, costituite di precipitati di solfuri metallici (principalmente FeS) e che si sono formate nelle bocche idrotermali sul fondo dell'oceano primordiale, abbiano funzionato come incubatori ricchi di sostanze chimiche che hanno fornito il contenimento e le condizioni chimiche adatte all'evoluzione chimica verso la vita.



- **Il precursore unico**

In che modo si possono essere originate le membrane cellulari?

I punti di forza della ipotesi basata sulle superfici sono le seguenti:

- I precipitati di solfuri metallici erano caratterizzati da una moltitudine di piccoli compartimenti tra di loro interconnessi, e che potrebbero essere serviti da una parte come contenitori per le sostanze chimiche e dall'altra come catalizzatori per le reazioni di formazione dei primi precursori delle biomolecole fondamentali .
- le bocche idrotermali producevano un flusso continuo di fluido geotermico caldo, ricco di diverse sostanze chimiche allo stato ridotto; inoltre esse mantenevano un forte gradiente elettrochimico tra il fluido geotermico ricco di H^+ e l'acqua di mare (presumibilmente) alcalina, provocando in tal modo guidando la chimica di riduzione delle molecole.
- Infine, le bocche idrotermali hanno prodotto un gradiente di temperatura, fornendo moti di convezione che hanno consentito alle macromolecole di assumere le conformazioni più idonee a svolgere la loro funzione.



- Il precursore unico

In che modo si possono essere originate le membrane cellulari?

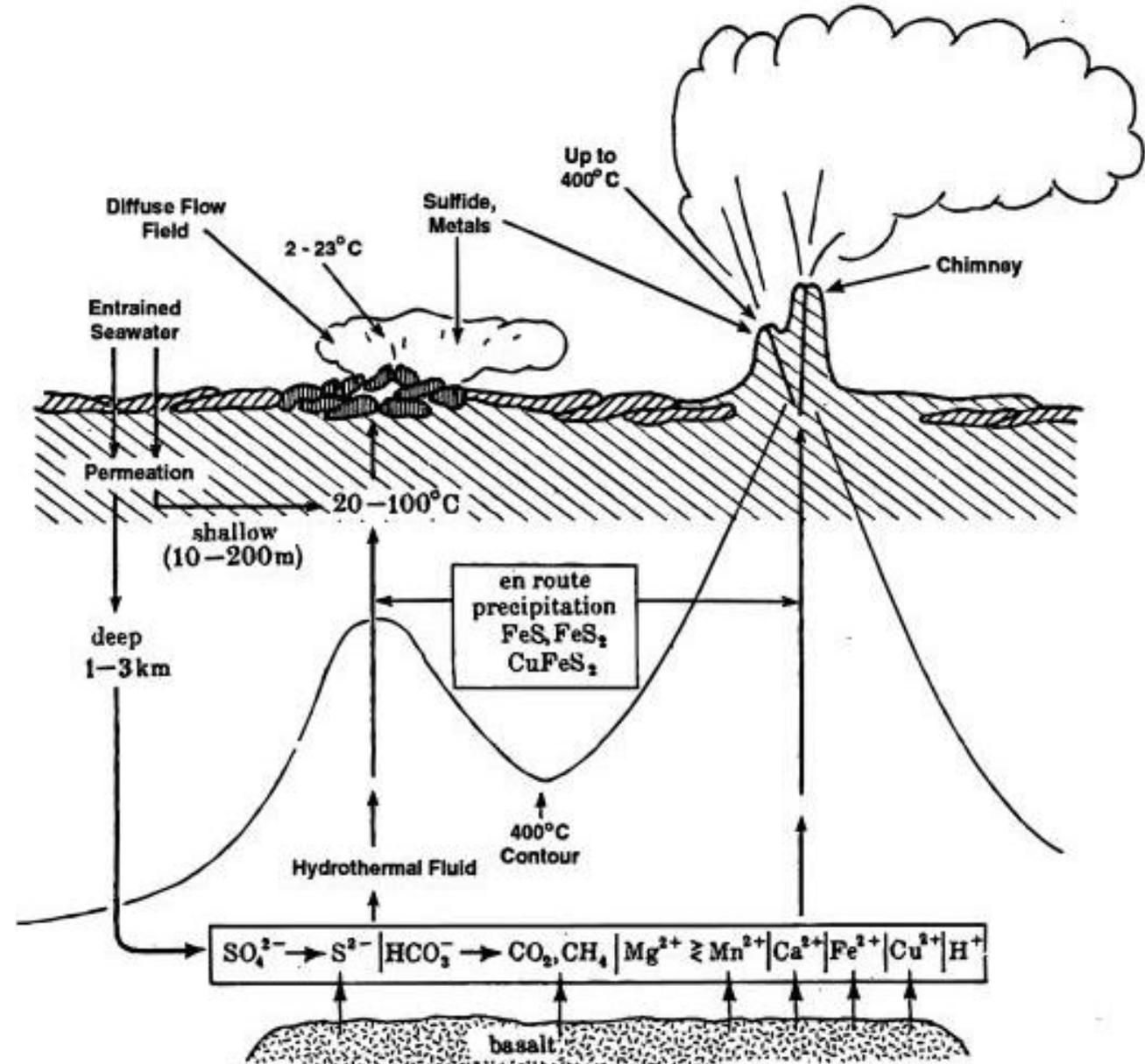
Esempio di **superficie**: metallo solfuri (FeS ad esempio) che costituiscono strutture quali camini idrotermali che si trovano sul fondo degli oceani.

La combinazione di tutti i fattori fin qui elencati, potrebbe aver permesso l'evoluzione di comunità molecolari complesse in compartimenti inorganici di struttura simile a quella delle cellule.

Tali strutture molecolari primordiali sarebbero evolute fino a quando sono diventate adeguatamente competenti per la produzione di lipidi, proteine di membrana ed altre strutture cellulari: a questo punto avrebbero potuto lasciare il camino che ha funto da incubatore per poter intraprendere una vita autosufficiente nel mondo esterno.

- Il precursore unico

Hydrothermal Vents Manifest on the Sea Floor as Chimney Structures and Diffuse Flow Fields. *Superheated seawater carries highly reduced compounds to the surface, where they rapidly precipitate out of solution or fuel extensive biological communities based on chemoautotrophic production. (Modified from Jannash, 1989)*



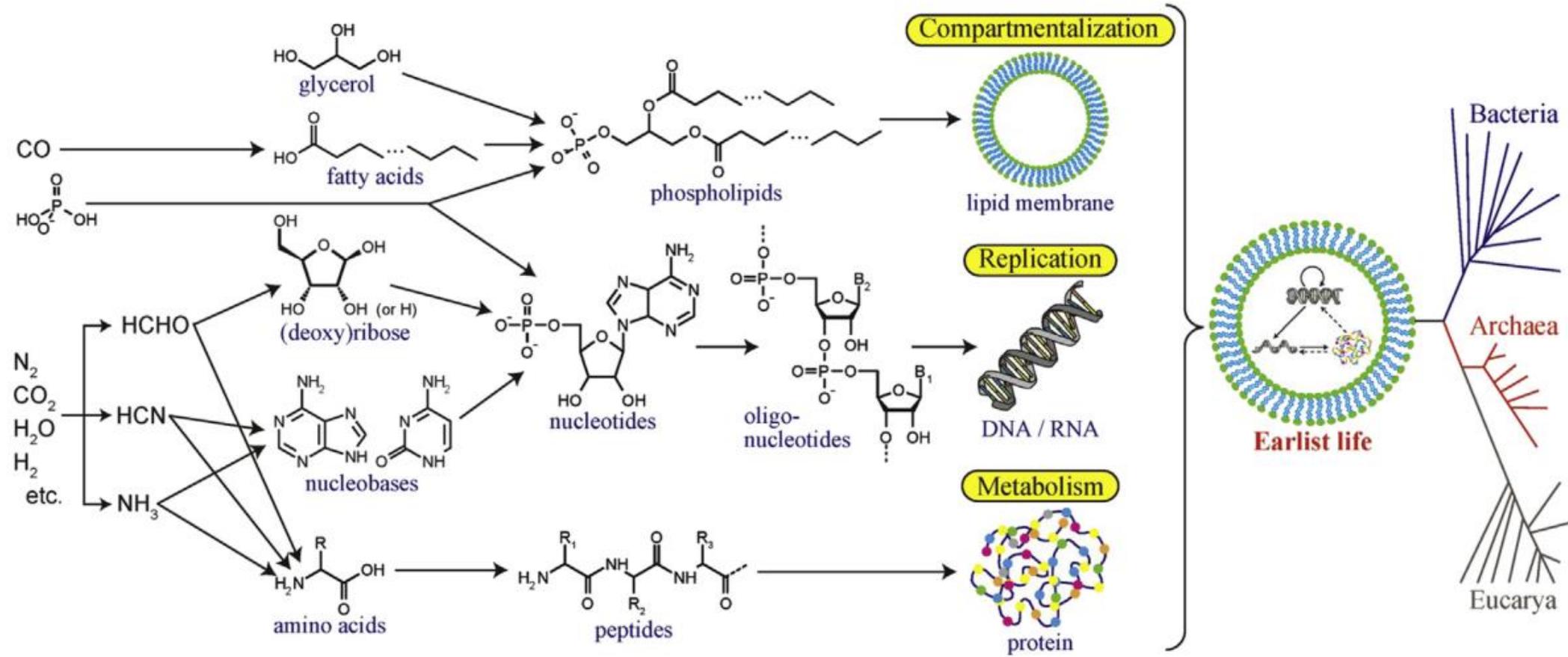


Figure 2. Structures, components, and abiotic synthetic pathways of bio-macromolecules operating three fundamental functions of life (replication, compartmentalization, and metabolism).