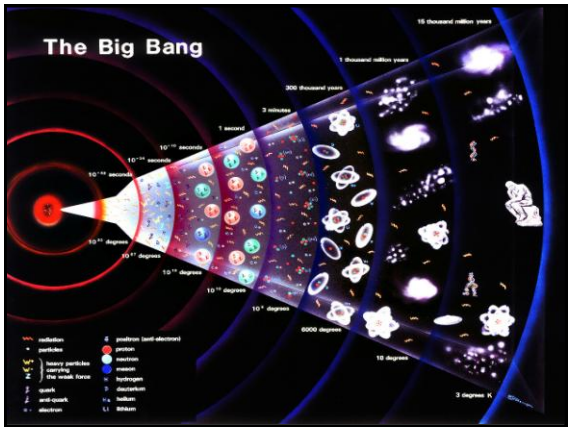
Origem da Vida:

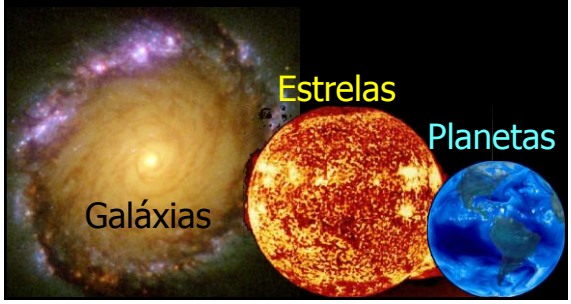
das moléculas ao LUCA

Big-Bang

- **Aleksandr Friedmann e George Edouard Lemaitre, publicaram soluções alternativas para as equações de Einstein, abandonando a noção do universo estático.**
- **No início era a singularidade.**
- **Após a grande explosão o universo começaria a se expandir, formando, à medida que a expansão ocorria, os elementos.**



Após o Big Bang a matéria
coalesce e combina para formar . . .



Origem do sistema solar

Origem da Terra

Água líquida se forma na Terra

6 a 5 b.a.a. (bilhões de anos atrás)

Após um período de intensa atividade vulcânica, a Terra se esfria, e o vapor d'água na atmosfera se condensa, formando a hidrosfera.

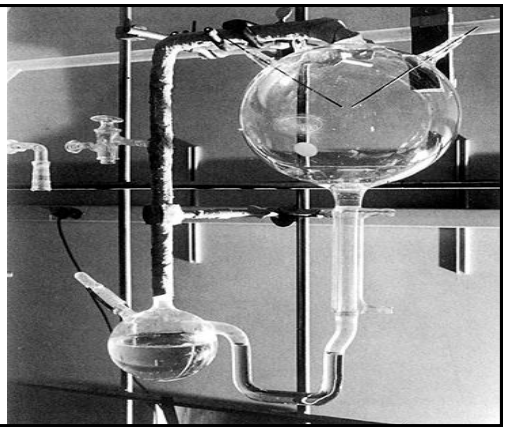
Evolução química

Evolução Química – pré-biótica – 4,6 a 3,8 b.a.a.

- Síntese abiótica de monômeros
- Experimento de Miller em 1953
- Polimerização de monômeros orgânicos
- Coacervados
- Microesferas Proteinóides
- Liposomes
- O mundo do RNA

Atmosfera primitiva

- **Muitos pesquisadores no inicio do século passado, assumiam que a atmosfera era a mesma desde sua origem: O_2, N_2 e CO_2.**
- **Stanley Miller, propôs uma atmosfera constituída de amônia, metano, hidrogênio e vapor de água.**
- **No seu experimento conseguiu produzir aminoácidos e bases nitrogenadas. Em seu modelo não existia O_2 na atmosfera.**
- **Em seus experimentos Miller também conseguiu sintetizar cianeto de hidrogênio (HCN) e formaldeido (CH_2O).**



Atmosfera primitiva

- **Kuhn em 1956, calculou baseando-se na atmosfera proposta por Miller, que para esta evoluir até a atmosfera atual, o processo levaria 2 bilhões de anos.**
- **Abelson, propôs que a atmosfera era constituída de água, gás carbônico e hidrogênio molecular. Esta mistura é capaz de sintetizar HCN, que é precursor de aminoácidos e bases nitrogenadas.**
- **Pesquisadores isolaram adenina de uma solução de cianeto de hidrogênio previamente aquecida**
- **Ponnamperuma, relatou resultados semelhantes quando esta mistura era exposta a luz ultravioleta**

Atmosfera primitiva

- **Harada e Fox em 1964, obtiveram 12 aminoácidos a partir de uma mistura de metano, amônia e água, expostos a altas temperaturas em um tubo contendo sílica gel**
- **Muitos especialistas criticaram os experimentos de Miller, afirmando que em uma atmosfera altamente redutora o carbono não estaria em combinação com o hidrogênio e sim com o oxigênio, e o nitrogênio estaria em sua forma molecular e não como amônia**
- **O problema do Fósforo?**

Origem da vida

- ***"A origem da vida parece... Quase um milagre, tantas são as condições que teriam de ter sido satisfeitas para fazê-la acontecer."* (Francis Crick)**
- **Evidencias geológicas mostram a existência de vida no planeta há aproximadamente 3,5 – 3,8 bilhões de anos.**

O que é vida?

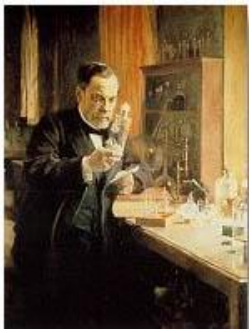
- *"Vida pode ser definida operacionalmente, como um sistema de hierarquia estrutural que adquiriu durante um processo evolutivo a habilidade de estocar e processar a informação necessária para uma perfeita reprodução"* (Gatlin, 1972).

Teoria abiogênica

- **Anaximandro e Xenofano - A vida surgia da matéria amorfa por influência do calor.**
- **Aristóteles - A vida era formada por um principio passivo, a matéria, e um principio ativo, a forma.**
- **Paracelsus - Uma força vital "*Spiritus vitae*".**
- **Descartes - Um processo natural que ocorria sob circunstâncias pouco conhecidas.**

Teoria abiogênica

- **Buffon - Propôs que apenas microrganismos eram criados da matéria amorfa.**
- **Louis Pasteur - Derrubou definitivamente a teoria abiogênica**

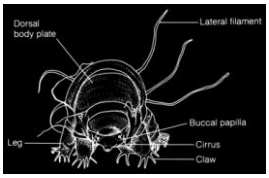


Panspermia

- **Postulada por Arrhenius, diz que a vida na Terra poderia ter vindo de outro planeta.**
- **Esporos de *Bacillus subtilis* exibem alto grau de resistência a inativação em várias condições físicas.**
- **Tardigrados exibem criptobiose: o conteúdo de água de seus corpos pode ser reduzido de 85% para apenas 3%**
- **Há 3,8 bilhões de anos a atmosfera de Marte poderia ser semelhante à da Terra hoje e meteoros de lá podem ter trazido vida para cá!**
- **Não explica a origem da vida!!!**

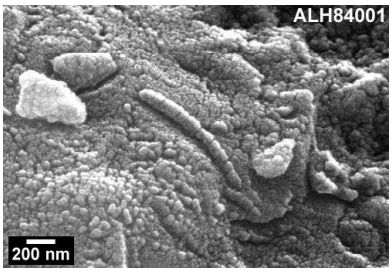
Tardígrados

Filo Tardigrada

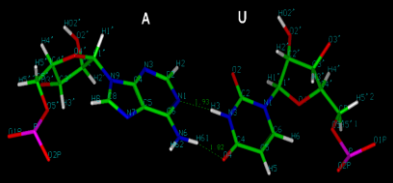


Criptobiose – eles podem resistir a temperaturas de -270ºC a 150ºC, a fontes de radiação extrema de raio-X e sobreviver assim por muitos anos

Meteorito de Marte encontrado no Polo Sul com supostos microrganismos - artefato



A primeira molécula biológica?



RNA model

A–U basepair

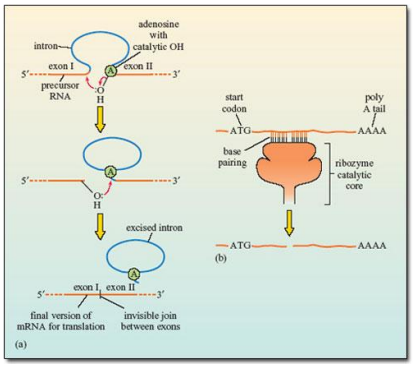
O mundo da informação

- **Haldane – Na decada de 1920, foi o primeiro a propor um mundo informacional.**
- **Crick, Woese, Cech – Os principais defensores.**
- **Por que RNA e não DNA?**
- **Bases teóricas: Tripla função do RNA, ATP como molécula energética, não produção de timina em condições abióticas.**

O mundo da informação

- **Em 1981 Altman e Cech, descobriram um RNA que apresentava atividade catalítica.**
- **RNAs tem capacidade de evolução Darwiniana.**
- **Recentemente vários estudos em laboratórios, tem sintetizado RNAs com atividades catalíticas.**
- **Como montar proteínas funcionais, a partir de seqüências aleatórias de nucleotídeos?**

RNA autocatalítico



O mundo do metabolismo

- **Oparin década de 1920 – Teoria dos coacervados**
- **Freemam Dyson e Christian De Duve - Principais defensores**
- **Aminoácidos encontram-se possivelmente entre as primeiras e mais abundantes biomoléculas.**
- **Sidney Fox - Sintetizou pequenos peptídeos a partir de aminoácidos livres, os quais, tinham capacidades catalíticas e eram formados através de um processo direcionado.**

O mundo do metabolismo

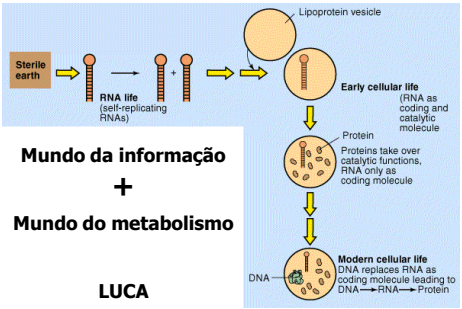
- **Saghateliam - Reproduziu alguns peptídeos a partir de outros pré-existentes.**
- **Esta reprodução não seguia uma evolução típica Darwiniana**
- **Como transmitir a informação das proteínas para uma seqüência de nucleotídeos?**

Questões sobre a origem da vida

- **Como poderiam ser formadas as primeiras moléculas? E qual ou quais seriam elas?**
- **Poderia a vida ter surgido com outras moléculas, que teriam sido substituídas pelas conhecidas atualmente?**
- **Como foi estabelecido o código genético?**
- **Como surgiram os primeiros genes?**

Questões sobre a origem da vida

- **O fenômeno vida, seria uma particularidade do nosso planeta? Ou seria um imperativo cósmico?**
- **Seria a vida uma das etapas de evolução do universo?**



Mundo da informação

+

Mundo do metabolismo

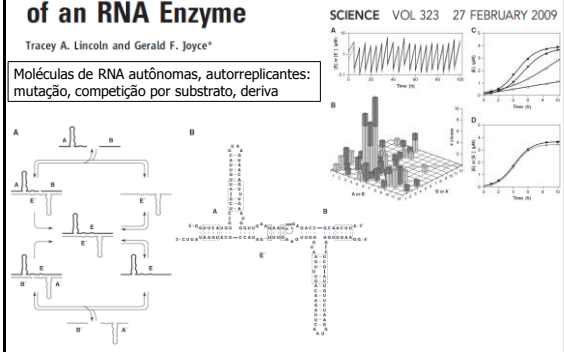
LUCA

Self-Sustained Replication of an RNA Enzyme

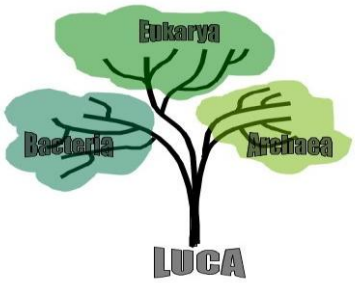
SCIENCE VOL 323 27 FEBRUARY 2009

Tracey A. Lincoln and Gerald F. Joyce*

Moléculas de RNA autônomas, autorreplicantes: mutação, competição por substrato, deriva



Árvore da vida



Características do LUCA

LUCA (*last universal common ancestor*) – ***Último ancestral comum universal***

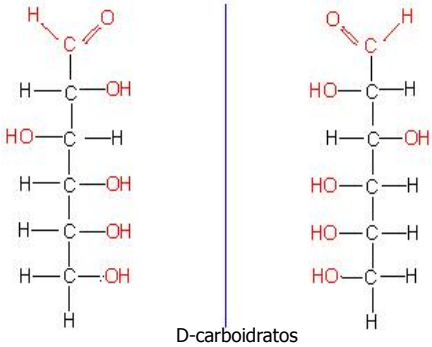
- Código Genético definido e universal
- Utilização dos 20 aminoácidos padrões
- Utilização de L-aminoácidos
- Utilização de D-carboidratos
- Informação armazenada no DNA
- Envoltório lipídico compartimentalizando o metabolismo *

Características do LUCA

Tabela do Código Genético

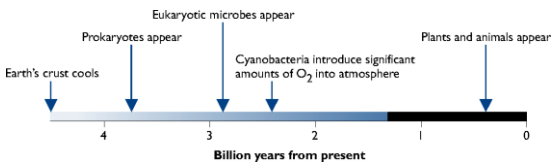
1ª posição	2ª posição								3ª posição
	U		C		A		G		
U	UUU	Phe (F)	UCU	Ser (S)	UAU	Tyr (Y)	UGU	Cys (C)	U
	UUC		UCC		UAC		UGC		C
	UUA	Leu (L)	UCA		UAA	Term	UGA	Term	A
	UUG		UCG		UAG		UGG	Trp-W	G
C	CUU	Leu (L)	CCU	Pro (P)	CAU	His (H)	CGU	Arg (R)	U
	CUC		CCC		CAC		CGC		C
	CUA		CCA		CAA	Glu (Q)	CGA		A
	CUG		CCG		CAG		CGG		G
A	AUU	Ile (I)	ACU	Thr (T)	AAU	Asn (N)	AGU	Ser (S)	U
	AUC		ACC		AAC		AGC		C
	AUA		ACA		AAA	Lys (K)	AGA	Arg (R)	A
	AUG	Met-M	ACG		AAG		AGG		G
G	GUU	Val (V)	GCU	Ala (A)	GAU	Asp (D)	GGU	Gly (G)	U
	GUC		GCC		GAC		GGC		C
	GUA		GCA		GAA	Glu (E)	GGA		A
	GUG		GGG		GAG		GGG		G

Características do LUCA



D-carboidratos

A diversificação da vida



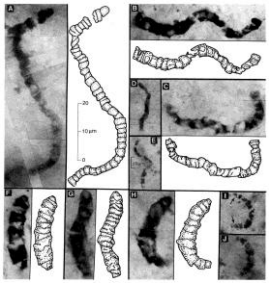
Primeiras formas de vida I

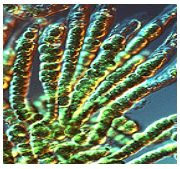
- A vida existe na terra há pelo menos 3,5 bilhões de anos (b.a.) –
  - Este registro é de organismos foto- ou quimiossintetizantes (Groenlândia) redutores de Carbono e produtores de Carbonato.
  - Primeiros organismos seriam procariotos heterotróficos e anaeróbios que devem ser anteriores a esta data (4 b.a.a.).
- Os primeiros 2,5 b.a. (3,5 a 1,3 b.a.a.) são caracterizados por células "procarióticas" de menor complexidade.
- O O_2 aumentou na atmosfera a partir de ~ 2 b.a.a.
- Nos próximos 700 m.a. (1300 a ~600 m.a.a.) aparecem as células eucarióticas como conhecemos hoje.
- As primeiras cianobactérias, que fazem fotossíntese baseada em H_2O, aparecem há 1 b.a.

Microfósseis de 3, 5 bilhões de anos atrás

Apex Chert,

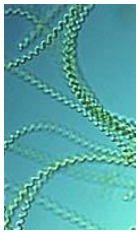
Oeste da Austrália

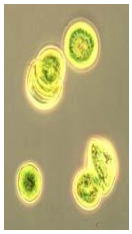




Cianobactérias

Cianobactérias estão entre as formas de vida que existiam há bilhões de anos



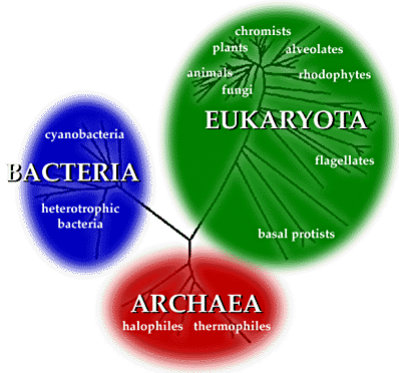


Os registros mais antigos datam de em torno de 3,5 bilhões de anos atrás (b.a.a.)

A partir de 2 b.a.a. O O_2 aumentou na atmosfera pela atividade fotossintezante destas algas azuis.

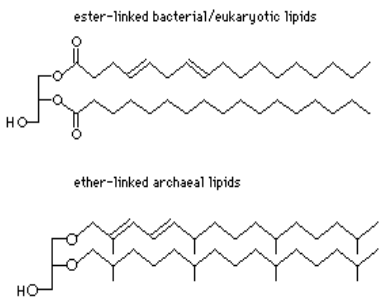
Domínios da Vida

- **Woese e Fox em 1977 revolucionaram o pensamento cientifico ao proporem uma bipartição dos Procariotos em Archaebacteria e Eubacteria**
- **Em 1990, estes grupos de Procariotos foram elevados à categoria de Domínios da vida**
- **Hoje os seres vivos enquadram-se em um dos três grandes domínios: Archaea, Bacteria e Eukarya**



Características dos Archaea

- **Foram inicialmente isolados em ambientes extremos (altas temperaturas, alta salinidade, etc)**
- **Lipídios do tipo isoprenóides ramificados e não ácidos graxos, estando estes unidos por ligações tipo éter e não tipo éster.**
- **Modificações típicas nos tRNAs**
- **Possuem uma faixa específica de sensibilidade a antibióticos**



Archaea X Bacteria

Genes organizados em operóns, muitos dos quais arranjados de modo similar nos dois domínios

Os RNAm's não apresentam "cap" no terminal 5`

Possuem a seqüência Shine-Dalgarno no RNAm

Possuem genes de metabolismo universal em comum

Archaea X Eukarya

A presença de proteínas tipo histonas e a organização do cromossomo em nucleossomos

RNA polimerase similar

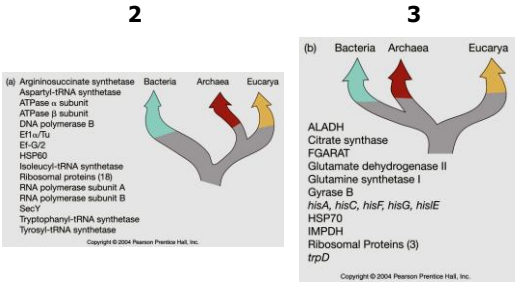
A presença de sítios TATA box na região promotora

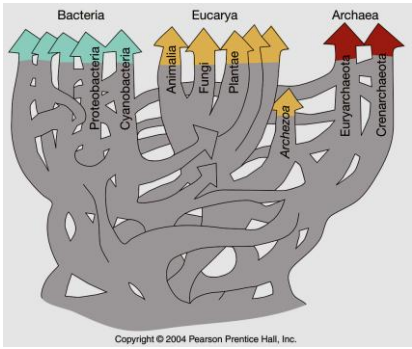
Fatores de transcrição semelhantes

Archaea possuem íntrons em alguns genes (*)

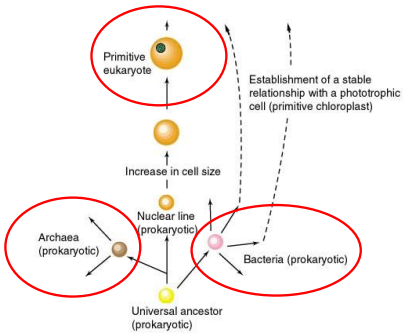
Origem dos Domínios

1. **Os domínios surgiram ao mesmo tempo a partir do LUCA**
2. **Archaea e Bacteria surgiram diretamente a partir do LUCA e Archaea é grupo irmão dos Eukarya**
3. **Archaea e Bacteria surgiram diretamente a partir do LUCA e Eukarya é o resultado da fusão de linhagens de Archaea e Bacteria**
4. **Eukarya surgiu diretamente a partir do LUCA e Archaea e Bacteria seriam produtos de redução gênica**

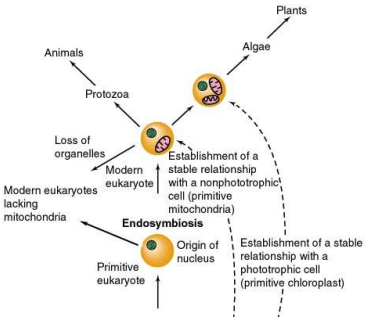


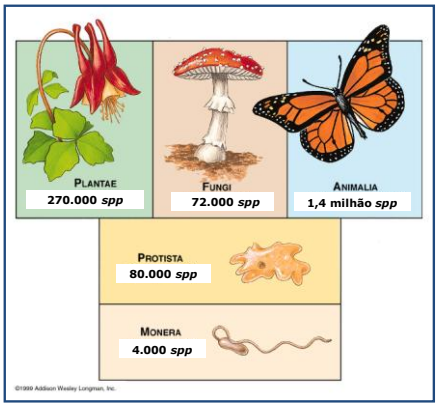


Transferências horizontais no início da vida

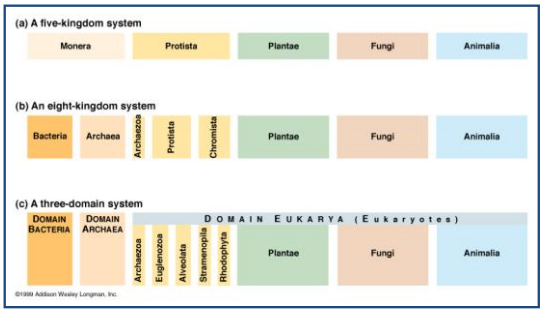


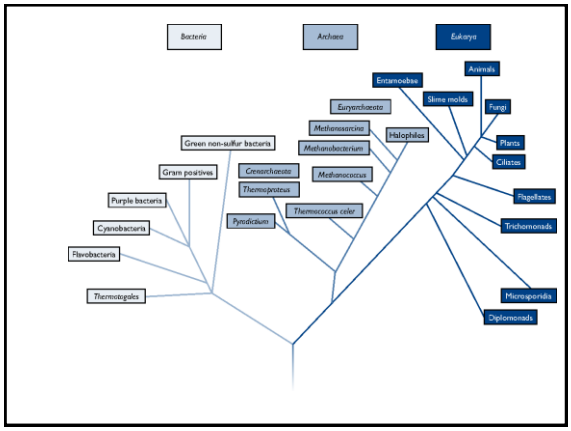
Endossimbiose





Domínios e Reinos




Bacteria
Archaea
Eukarya
Animals
Entamoebae
Slime molds
Fungi
Euryarchaeota
Methanosarcina
Halophiles
Plants
Methanobacterium
Ciliates
Green non-sulfur bacteria
Gram positives
Crenarchaeota
Methanococcus
Thermoproteus
Flagellates
Purple bacteria
Thermococcus celer
Pyrodictium
Trichomonads
Cyanobacteria
Flavobacteria
Microsporidia
Thermotogales
Diplomonads