



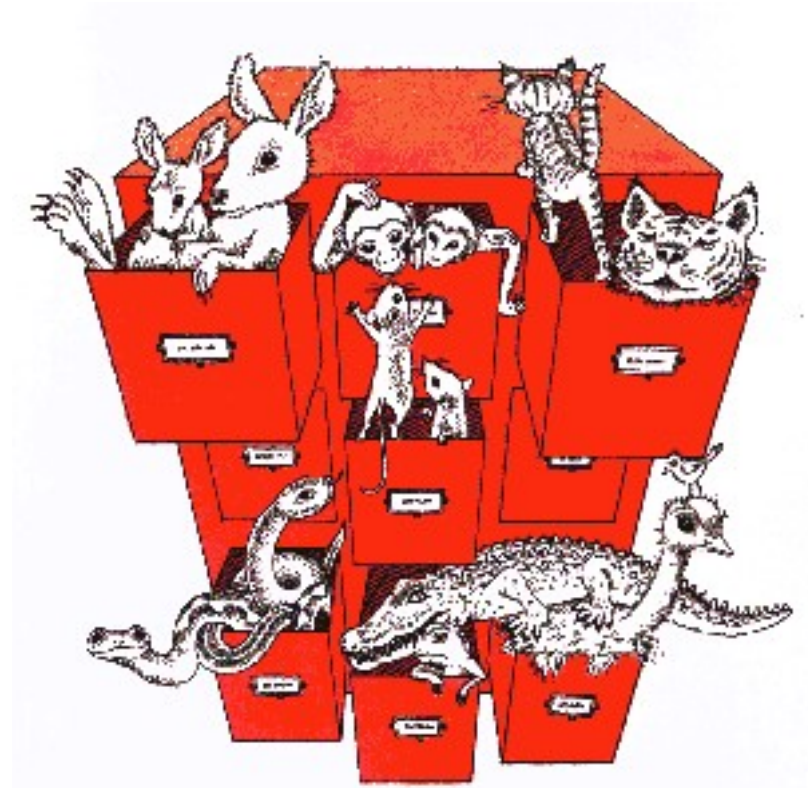
CEN0100

Introdução às Ciências Biológicas

Sistemática dos seres vivos

04 de junho de 2018

POR QUÊ CLASSIFICAR OBJETOS E ORGANISMOS ?



**Agilizar a comunicação entre as
pessoas que usam a informação
sobre esses objetos e organismos**

Classificação

- **Necessidade de uma classificação:**
 - Ordenar
 - Entender
 - Aplicar regras de uso/manejo/etc...
 - Comunicação
 - Acesso a informação
 - Dentre muitas outras (alguma sugestão?)

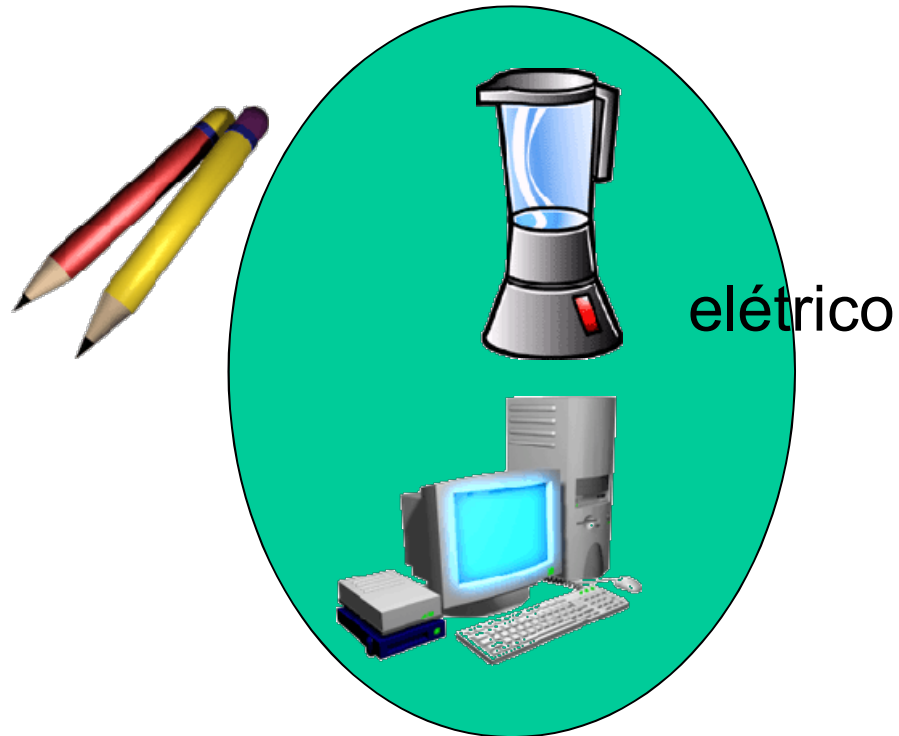
Para que a classificação seja útil:

- **Estabilidade!** (deve obedecer a um mesmo critério)
 - Mas opinião é um problema (diferentes critérios são conflitantes entre si e comprometem a comunicação entre os usuários do sistema)
- **Informação:** a maior possível

Classificando:

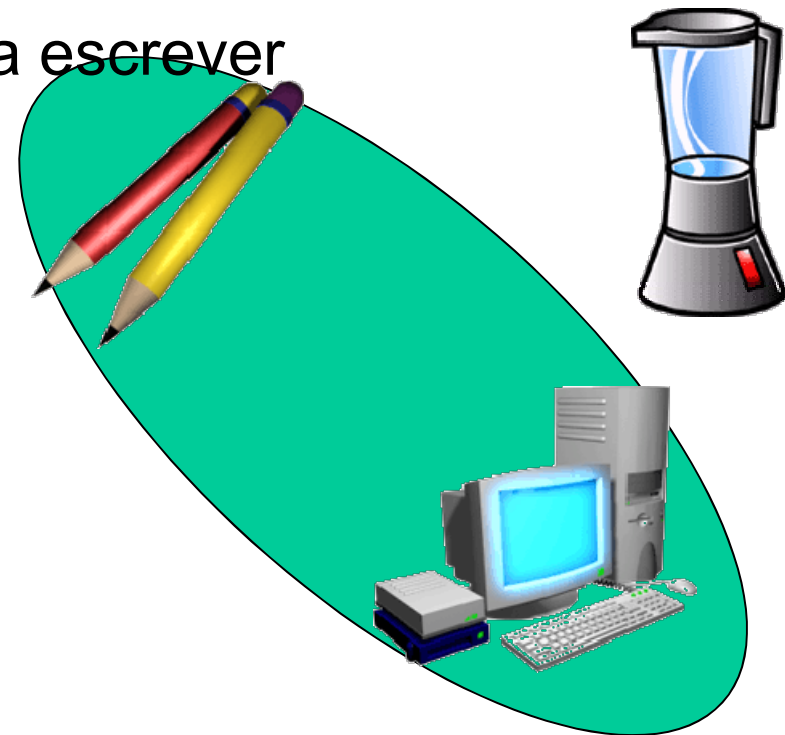


Forma de funcionamento



Por uso

Para escrever



QUAL CRITÉRIO ESCOLHER PARA CLASSIFICAR OS ORGANISMOS VIVOS ?

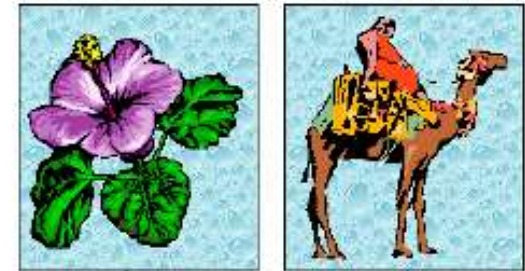
A questão da diversidade de vida na Terra tem levado ao desenvolvimento de esquemas de classificação desde o tempo da Grécia antiga



Platão Aristóteles

Aristóteles: (384-322 A.C.)

Two kingdom view of life



Classificou os animais dentro de gêneros (com características morfológicas similares) e espécies

<http://www.ucmp.berkeley.edu/history/aristotle.html>



Carolus Linnaeus

(1707-1778-botânico sueco)

Systema naturae (1758) – 260 anos

- classificação hierárquica dos seres vivos
(reino, classe, ordem, gênero e espécie) - fenótipo
- sistema binomial (dois nomes)

“God created; Linnaeus arranged”



Classificação dos Organismos

Nomenclatura é a ciência de nomear organismos

- Nomes científicos são frases descritivas
- Nomenclatura Binomial
 - Nomes são em latim (linguagem da ciência)
 - binomiais - nomes constituídos de duas partes
 - O nome genérico é um substantivo
 - O epíteto é um adjetivo descritivo
- Assim, o nome da espécie são duas palavras
i.e., *Escherichia coli*



Classificação dos Organismos

Taxonomia é a ciência de classificação dos organismos

Taxonomia trata-se da nomeação e ordenação do táxon

A hierarquia de Linnaeus:

1. Reino
2. Divisão
3. Classe
4. Ordem
5. Família
6. Gênero
7. Espécie

Classificação Taxonômica
da bactéria
Escherichia coli

Domínio: *Bacteria*
Filo: *Proteobacteria*
Classe: *Gammaproteobacteria*
Ordem: *Enterobacteriales*
Família: *Enterobacteriaceae*
Gênero: *Escherichia*
Espécie: *coli*

Distância evolutiva



Progressão da evolução (escada)

(antes do final do século 19)



Antonie van Leeuwenhoek
(1632-1723)
Delft, Holanda

"In the year of 1657 I discovered very small living creatures in rain water".



Problemas:

Pensamentos inconsistentes: uso dos termos organismos eucarióticos superiores e inferiores, elo perdido, organismos primitivos

E. coli é altamente evoluída assim como nós.

E. coli é simples ($\sim 5 \times 10^6$ pb), nós somos complexos ($\sim 2 \times 10^9$ pb) - complexidade não tem nada a ver com avanço evolutivo.

Os organismos evoluem por meio da diversificação radial não por progressão (avanço na escada)

Não existe organismo “primitivo” vivo hoje em dia; somente simples



Charles Darwin

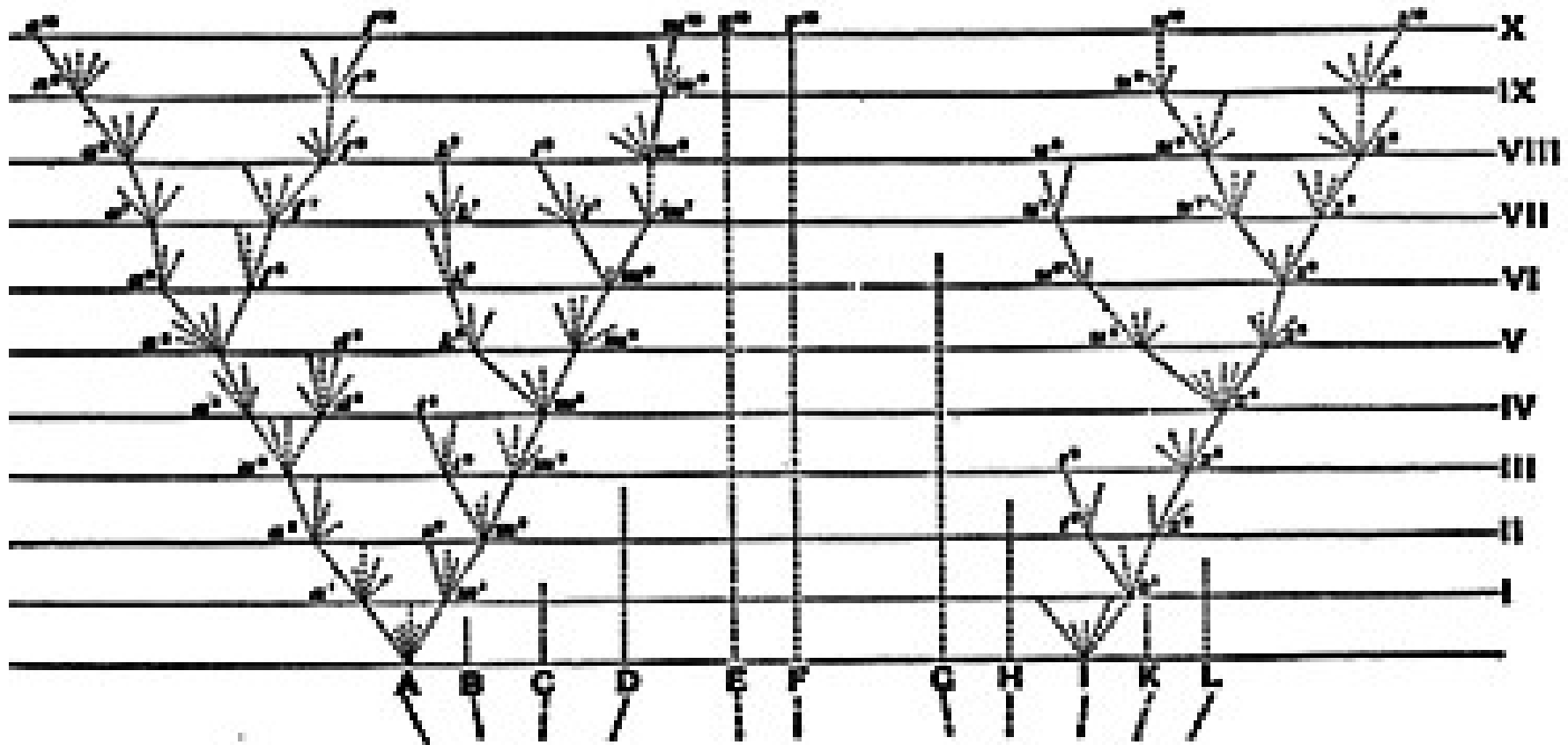
(1809-1882-naturalista britânico)

1859 - “The Origin of Species” - teoria da evolução por meio da seleção natural

“I have called this principle, by which each slight variation, if useful, is preserved, by the term Natural Selection.”

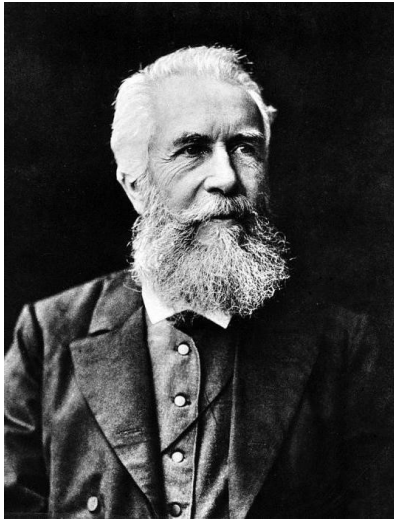
<http://www.bbc.co.uk/education/darwin/origin/index.htm>

A árvore da herança vertical



Escada evolutiva

Charles Darwin, *The Origin of Species* (1859)

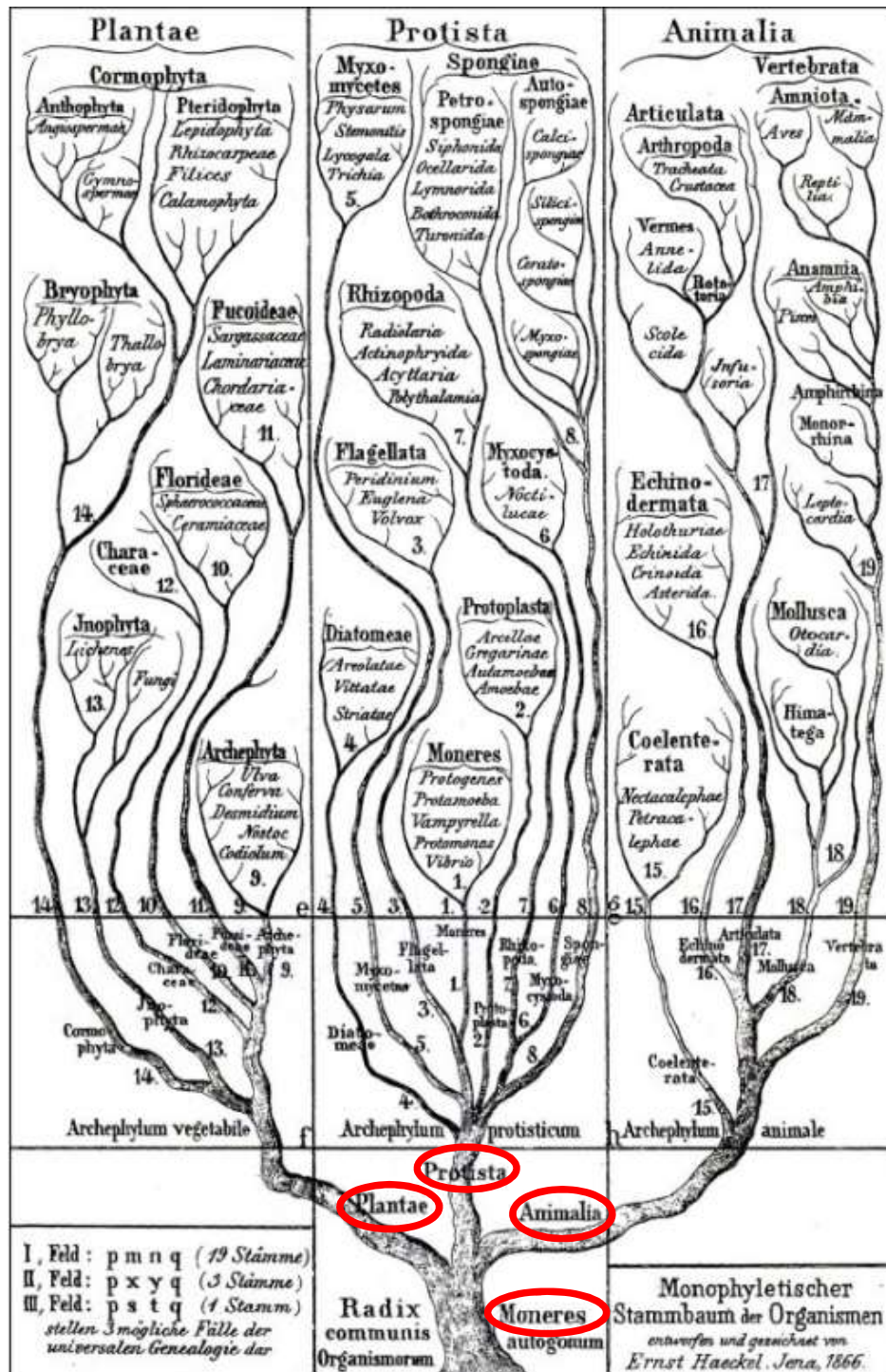


Ernst Haeckel

(1834-1919-médico alemão)

- discípulo de Darwin
- aplicou o conceito de relações evolutivas ao sistema de classificação de Linneau
- divisão em quatro reinos (Plantae, Animalia, Protista e Monera)
- origem comum de todas as formas de vida

Árvore de Haeckel (1866)



O conceito básico de diversidade biológica permaneceu praticamente estagnado no sistema de Hackel durante todo o século seguinte

As Escolas de Classificação

- Fenética (taxonomia numérica) - 1963

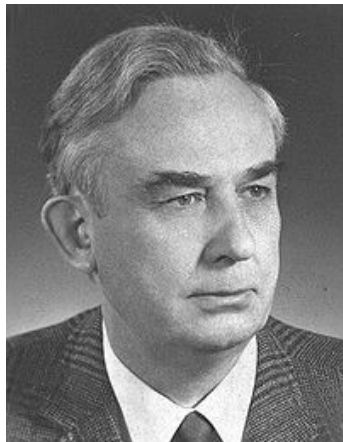


Ernst Mayr

(1904-2005 - biólogo e matemático alemão)

"A evolução organiza o caos de diversidade da natureza"

- Cladística (sistemática filogenética) - 1966



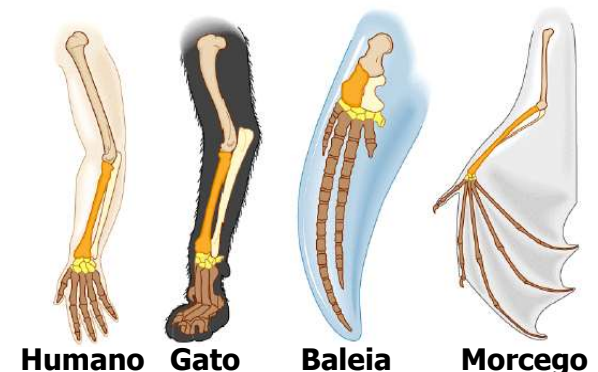
Willi Henning

(1913-1976 - zoólogo alemão)

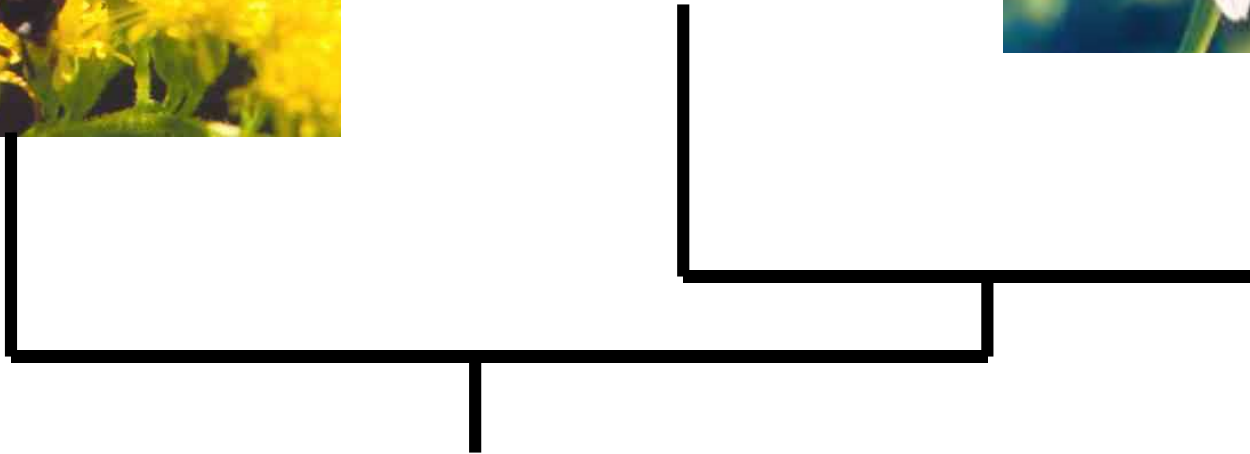
Fenética vs Cladística

- Fenética: classificação dos organismos baseada no maior número de características (fenotípicas ou genotípicas) similares e diferentes. Não tem como objetivo inferir descendência evolutiva.
- Cladística ou filogenética: propõe que a **origem comum** pode ser demonstrada por caracteres compartilhados e derivados. Procura identificar e entender as relações evolutivas dos seres vivos e mortos.

Podem apresentar resultados semelhantes ou bastante diferentes



Agrupamento semelhante (fenética e filogenética)

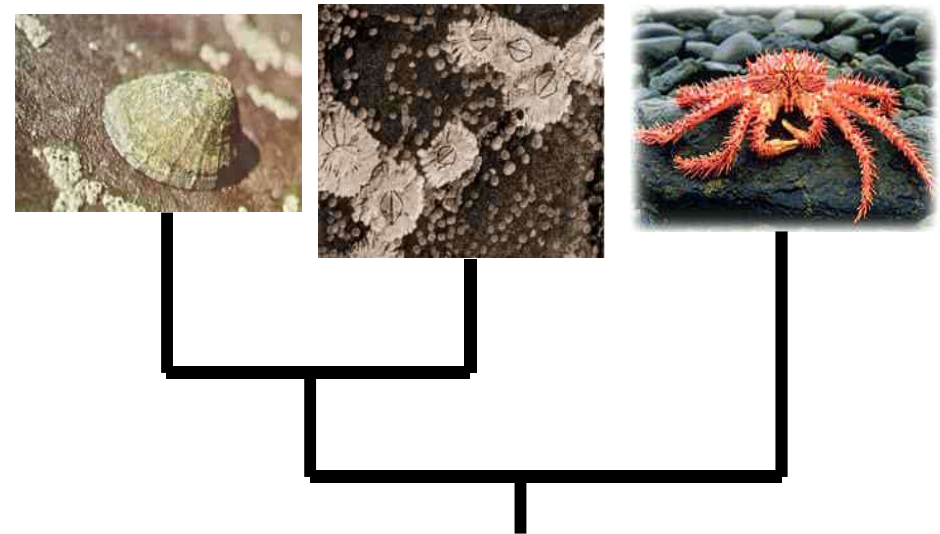


Agrupamento diferente:

Filogenética



Fenética



Sistemática

Ciência da relação de parentesco dos organismos

- Ciência de como os organismos estão relacionados e a evidência dessa relação de parentesco
- É dividida primariamente em filogenética e taxonomia
- Especiação - a origem de novas espécies a partir de outras previamente existentes
 - **Anagenese** - uma espécie transforma em outra com o tempo
 - **Cladogenese** - uma espécie se separa e forma duas



Reconstrução da história evolutiva

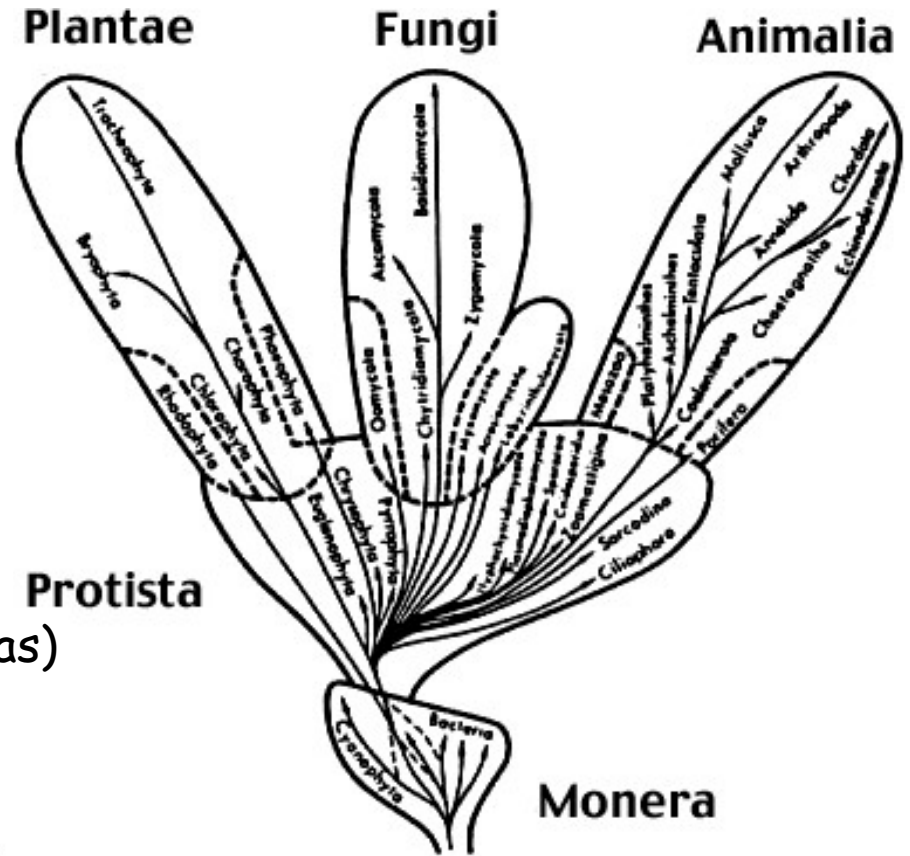


Filogenia

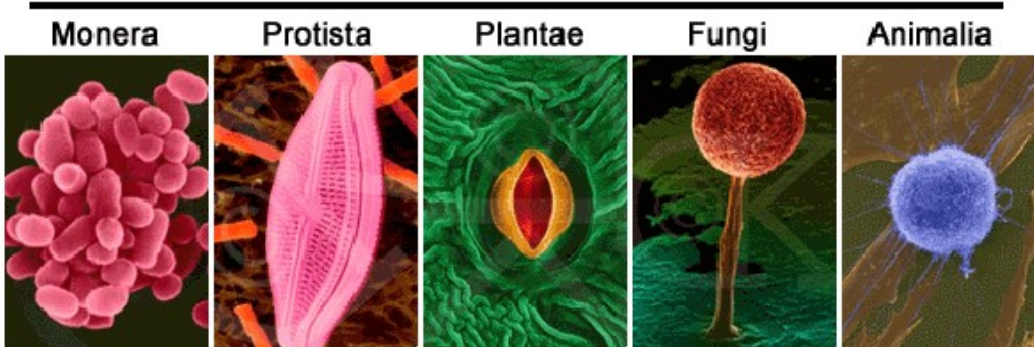
Os cinco reinos dos seres vivos



Robert H. Whittaker
(1920-1980 - Americano, ecologista de plantas)



Life Kingdoms



Whittaker, 1969

Os cinco reinos dos seres vivos

- Ainda “monera” (bactéria) como origem (escada progressiva)
- Reino fungo? e os protozoários, algas?
- Cloroplasto derivado de cianobactérias
- Mitocôndria derivada de um tipo de bactéria

Sapp, J. 1994. Evolution by Association: A history of symbiosis.
Oxford University Press.

Problemas:

- Relação entre os microrganismos (procariotos e eucariotos) apenas especulativa
- Nenhum critério para relacionar organismos entre os reinos - filogenia universal impossível
- Procariotos - protistas “primitivos”
- Núcleos de eucariotos derivados de um progenitor procarioto (incorreto)



Edouard Chatton

(1883 - 1947 - Biólogo francês)

Procarioto/Eucarioto

1. Todos os eucariotos são especificamente relacionados uns com os outros (v)
2. Todos os procariotos são relacionados uns com os outros com exclusão dos eucariotos (f)
3. Existem duas formas de organização celular e funcional (?)
4. Procariotos são mais simples que eucariotos (NA)
5. Procariotos deram origem aos eucariotos (f)

Norman R. Pace
University of Colorado



"Procarioto" significa "não eucarioto",
nada mais.

Não ser algo não é um conceito ou
nome cientificamente válido.

Não define o que é um procarioto,
apenas o que não é.

Pace, N. R. Time for a change. *Nature*, 44: 289, 2006

Por que importa se os chamamos de procariotos?



Procarioto é cientificamente injustificado, inventado e aceito para preencher uma lacuna no conhecimento;

O nome tem falsa implicação em assuntos evolutivos profundos;

A falsa compreensão de "procarioto" extingue a investigação legítima,

Ensina aos alunos falsos conceitos nos níveis mais fundamentais: ordem biológica e evolução.

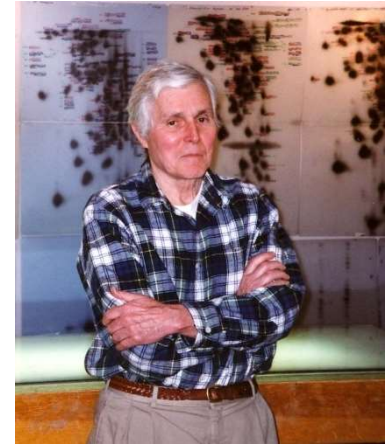
Pace, N. R. Time for a change. *Nature*, 44: 289, 2006

Sistemática Tradicional

(estado bastante confuso)

- **Macrorganismos:** hierarquia de parentesco usada com mais facilidade devido à fácil distinção de caracteres.
- **Microrganismos:** hierarquia de parentesco mais difícil devido a pouca distinção de caracteres.

MUDANÇA DO PARADIGMA



Carl Woese

(1928-2012 - Americano microbiologista
Universidade de Illinois)

1977

Classificação fenotípica

↓ mudança

classificação genotípica

relação evolutiva

filogenia molecular

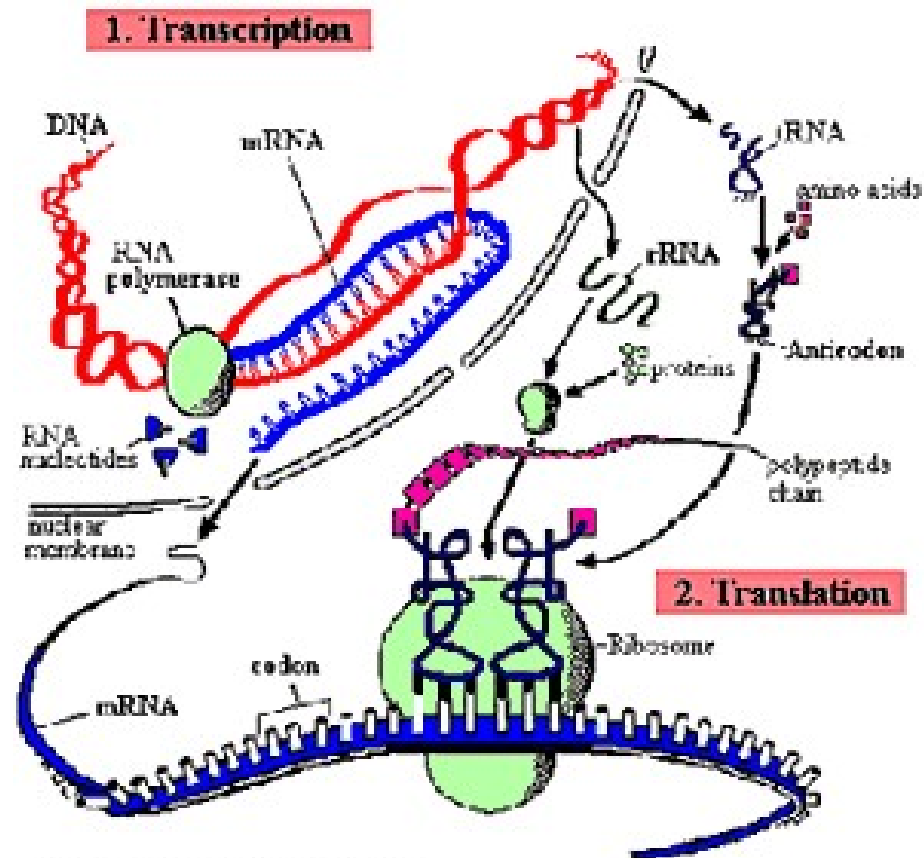
Pesquisa de Woese

Determinação das relações evolutivas entre os microrganismos

- moléculas são documentos da história evolutiva (princípio sugerido em 1965)
- DNA → fóssil molecular

Por quê usou RNAr?

Síntese de proteína

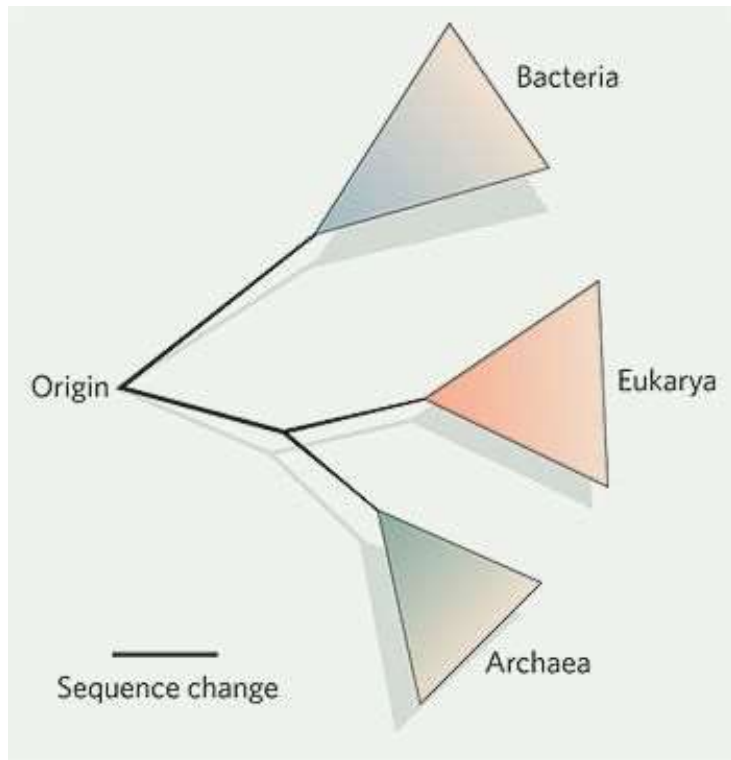


Protein synthesis

RNA ribossômico (rRNA)

- Contribue para a estrutura do ribossomo
- 16S rRNA - iniciação da síntese de proteína
- Evidência de que desempenha um papel fundamental nas atividades catalíticas do RNA

Carl Woese



- descobriu o reino das *Arquéias*

- seres vivos divididos em três domínios:

Eukarya

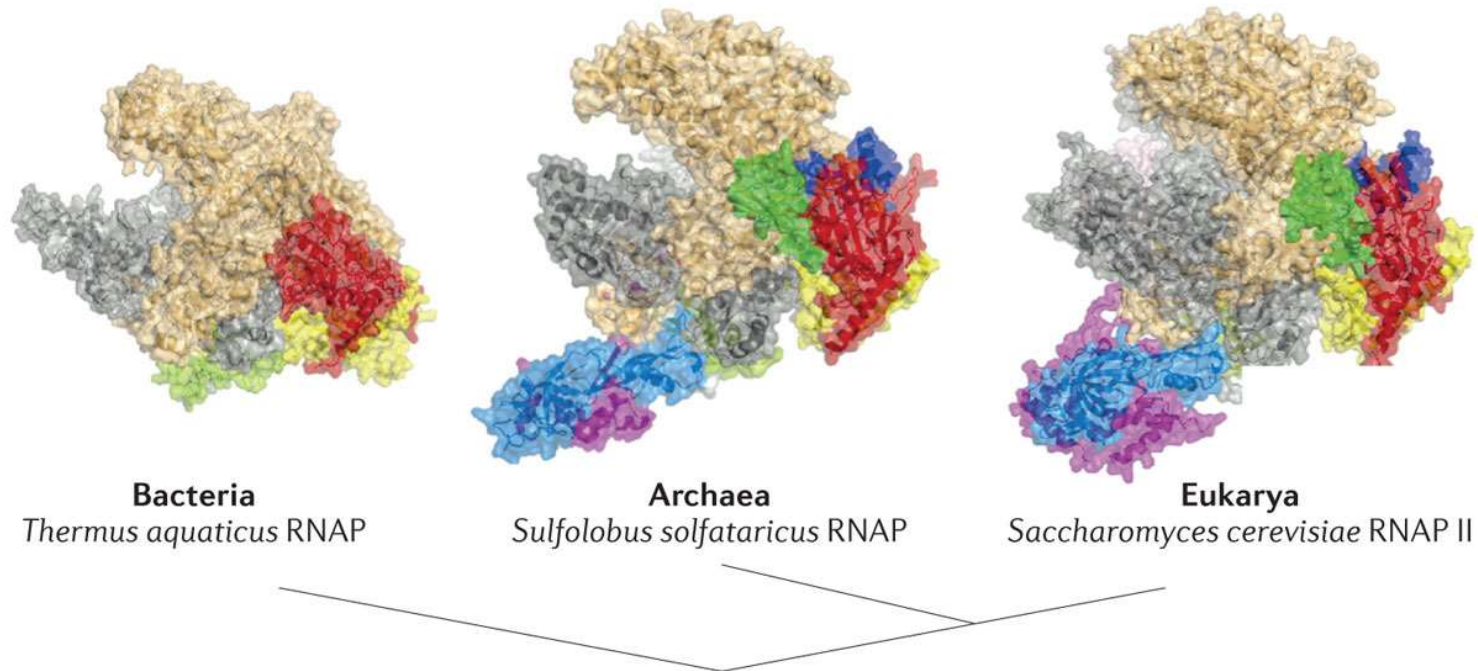
Archaea

Bacteria



Wolfram Zillig (1925-2005 - Alemão microbiologista)

Estrutura da enzima RNA polymerase

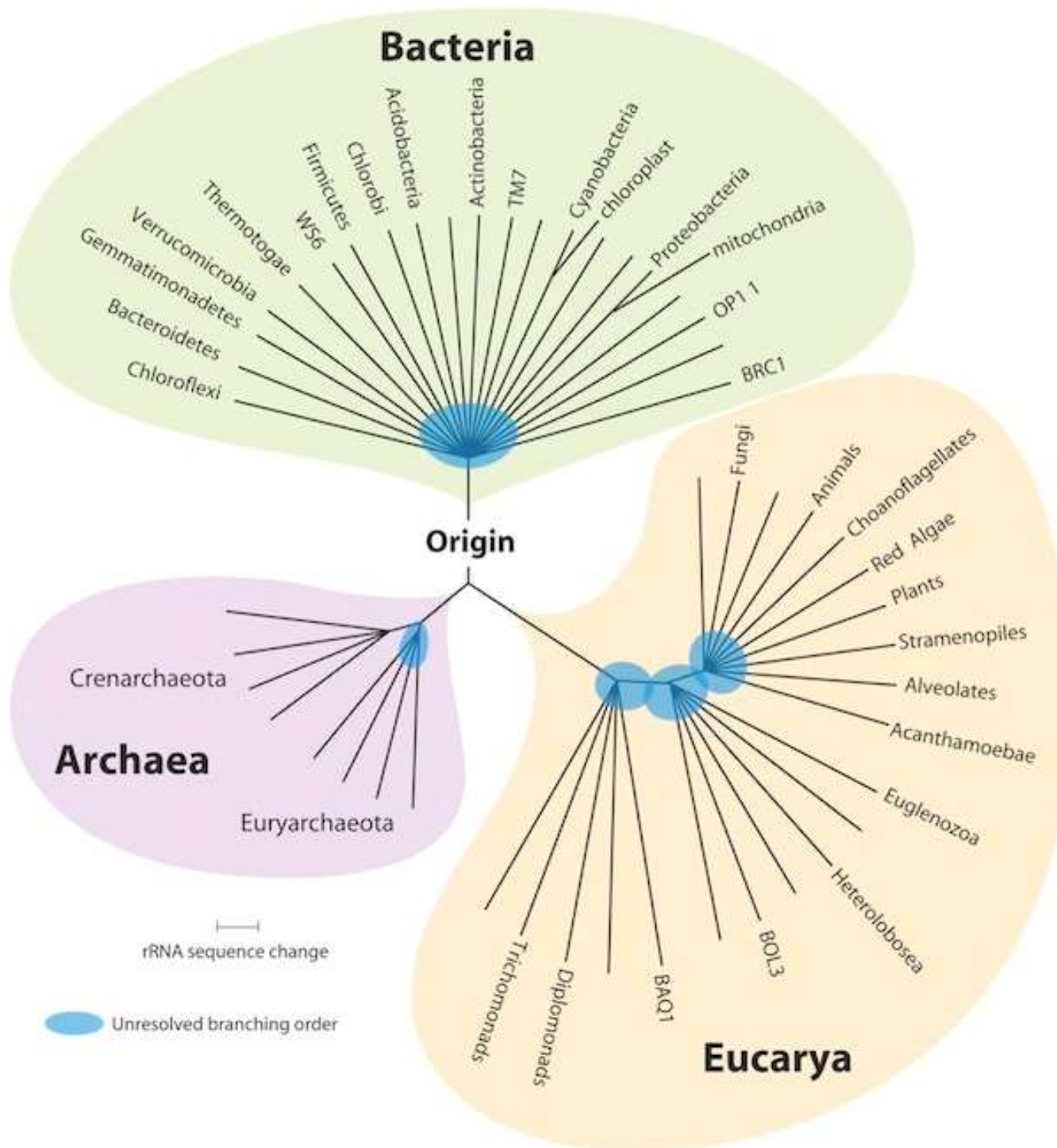


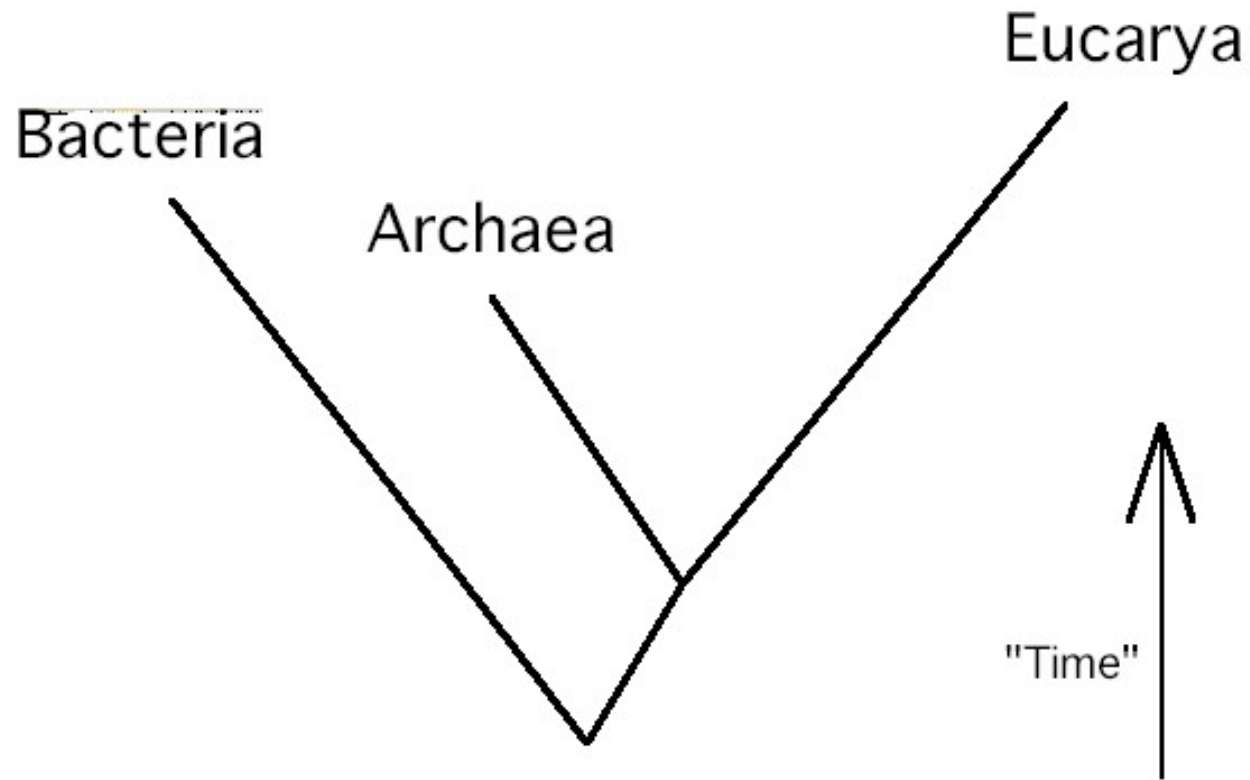
Albers et al. The legacy of Carl Woese and Wolfram Zillig: from phylogeny to landmark discoveries. *Nature Reviews Microbiology* **11**: 713-719, 2013

Árvore Filogenética Universal

A árvore universal não é enraizada:

Não se sabe onde fica o nó do ancestral!





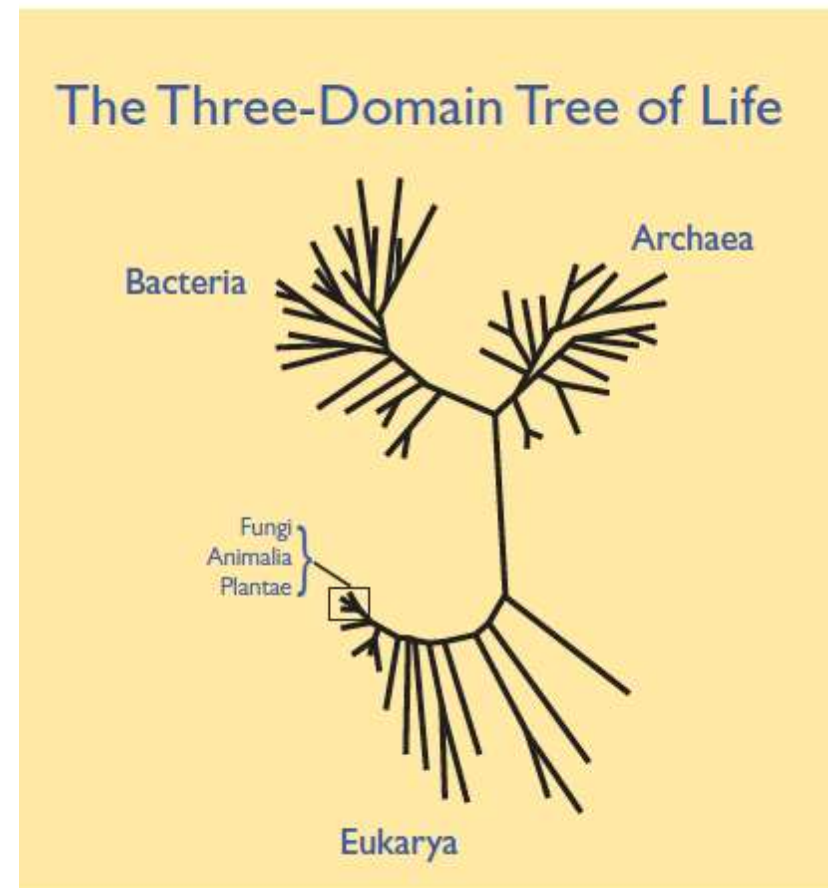
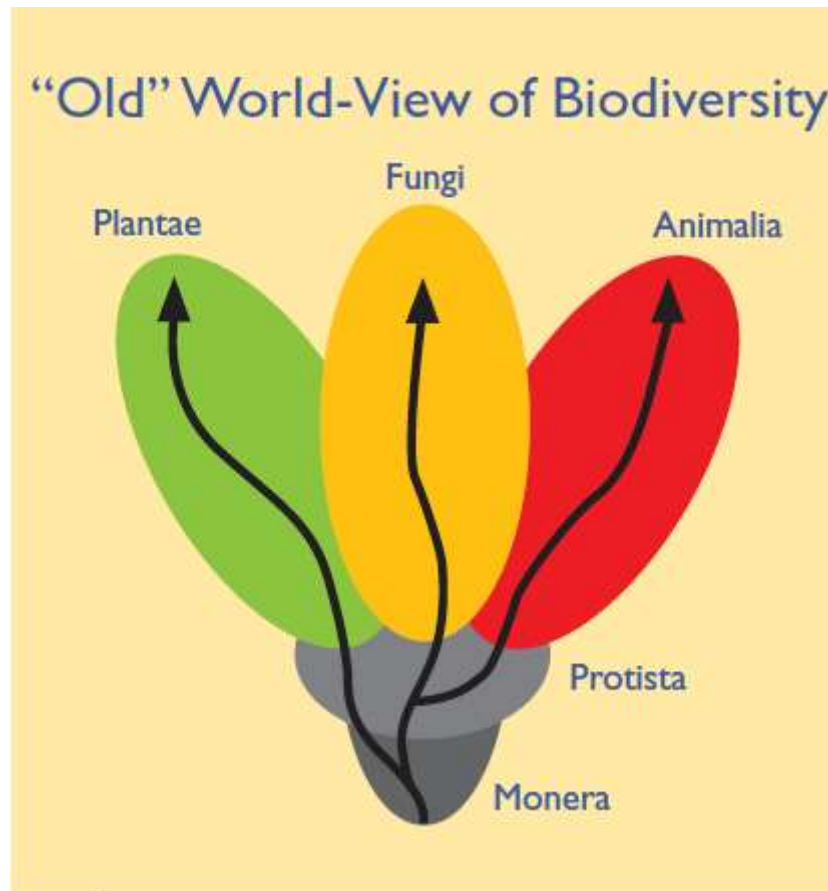
A linha de descendentes do eucarioto nuclear é tão antiga quanto a linha dos "procariotos"

Características:

- Quantitativa e objetiva (análise estatística)
- Na ponta de todos os ramos estão organismos modernos. Cada nó representa um ancestral comum
- Os eucariotos são tão antigos quanto as Bactérias e Arquéias
- Não existe classe acima (superior) ou abaixo (inferior) na árvore

- As bactérias são tão evoluídas quanto os eucariotos
- O relógio evolutivo não é constante entre as diferentes linhagens
- Os dados de RNAr provam que mitocôndria e cloroplastos são de origem bacteriana (bactéria púrpura e cianobactéria, respectivamente)

Revolução científica na biologia



Repúdio às visões antropocêntricas da vida

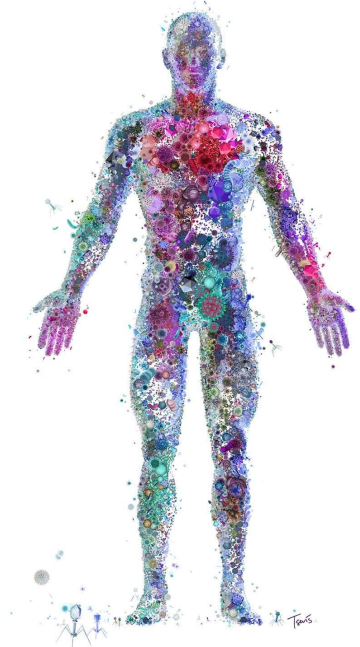
Shaw, J. The undiscovered planet. Harvard Magazine, 2017

**Bactérias e Arquéias são vastamente
mais diversas que os populares -
fungos, plantas e animais**



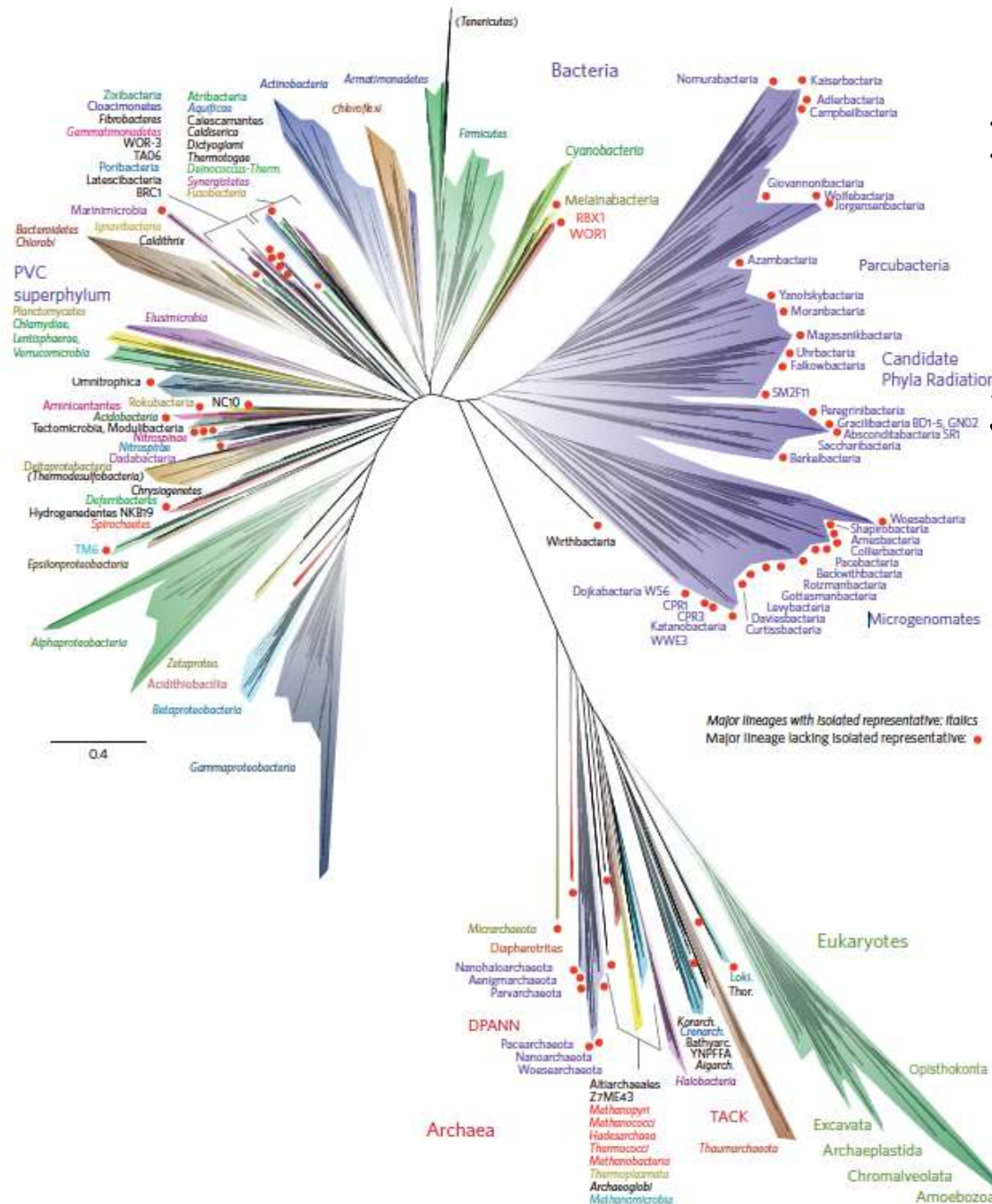
As Bactérias e Arquéias mediam todos os ciclos de elementos importantes na Terra e desempenharam um papel determinante no desenvolvimento do planeta - formam nuvens, quebram rochas, depositam minerais, fertilizam plantas, condicionam solos e degradam resíduos tóxicos.

As células humanas em um corpo são 10 trilhões, mas isso não é nada comparado às 100 trilhões de células bacterianas que vivem dentro e fora dele.



16 sequências de proteínas
ribossômicas

3.083 organismos



Hug et al. A new view of the tree of life. Nature Microbiology 48, 2016