

# ¿Qué es una teoría de la evolución?

**Chris Stephens,**

C3 - Centro de Ciencias de la Complejidad y

Instituto de Ciencias Nucleares, UNAM

Coloquio “Complejidad y Evolución”

UAM, 16/03/2012



# I ¿Qué es la Evolución?

Condiciones para el desarrollo de la complejidad

# Características de la Evolución

## Las tradicionales

·¿Cuántos están evolucionando?

-La cuestión de tamaño de población

·¿Qué está evolucionando?

-La cuestión de representación

·¿Quién está más apto?

-La cuestión de selección

·¿Qué hay de nuevo?

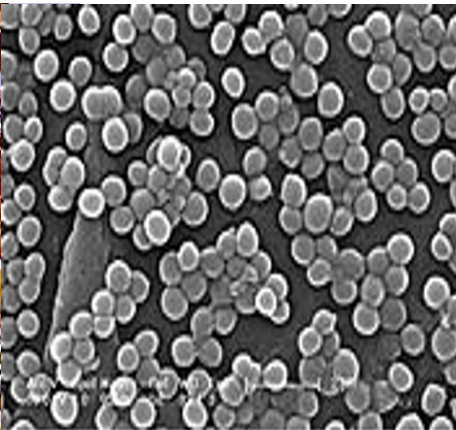
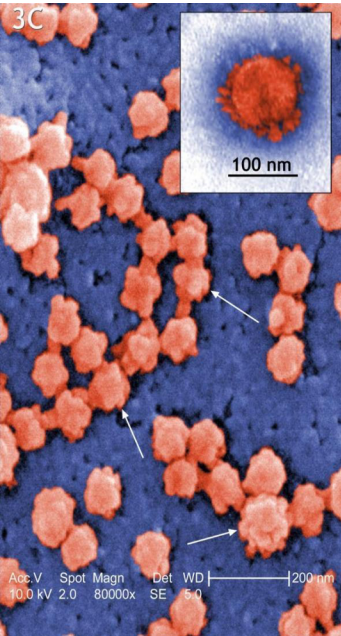
-La cuestión de variación

·¿Quién tiene suerte?

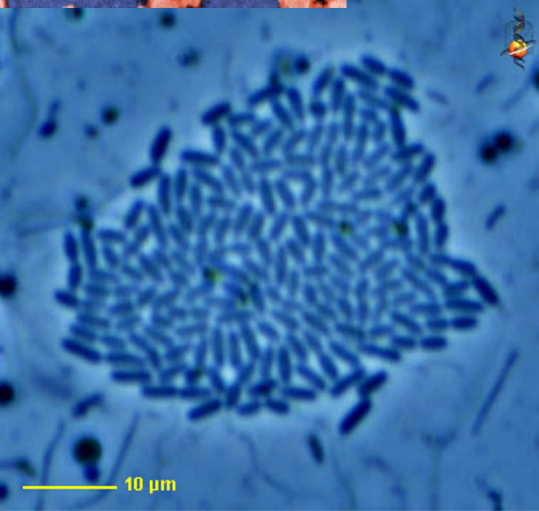
-La cuestión de deriva



# ¿Cuántos están evolucionando?



Electron micrograph of methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* bacteria. Source: U.S. Centers for Disease Control and Prevention





# ¿Qué esta evolucionando?

.“Objetos” que codifican información

- Genética
- Neuronal
- Cultural
- Lenguajes

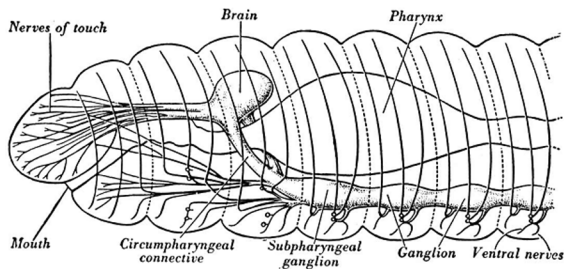
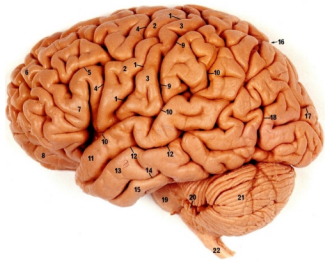
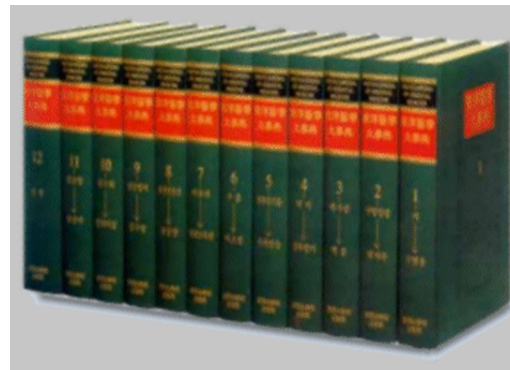
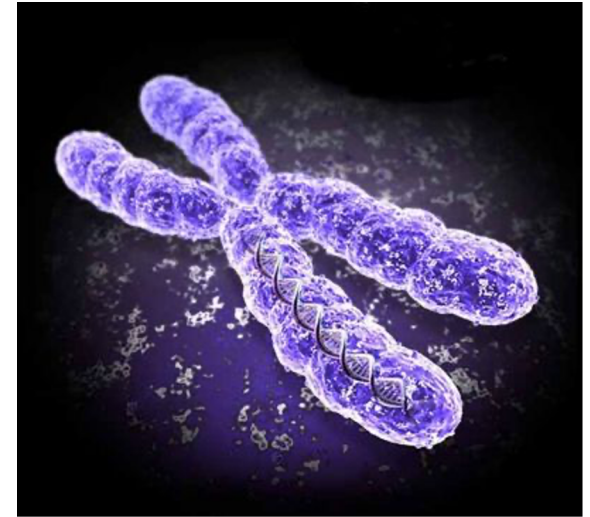


FIG. 159. Nervous System of Earthworm <sup>1</sup>



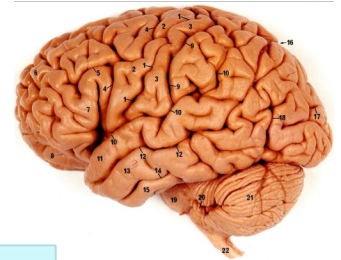
Aprendizaje: Corto plazo (no-genético) versus largo plazo (genético)



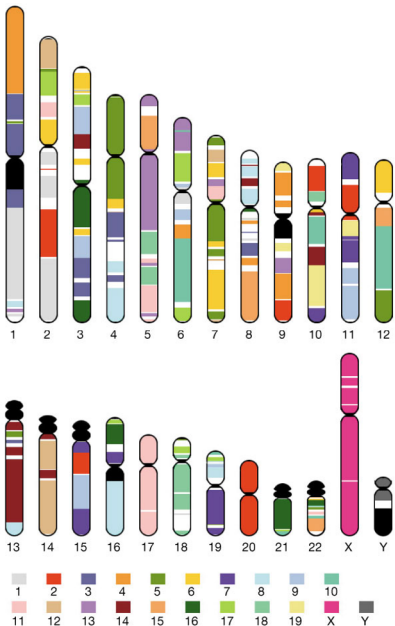
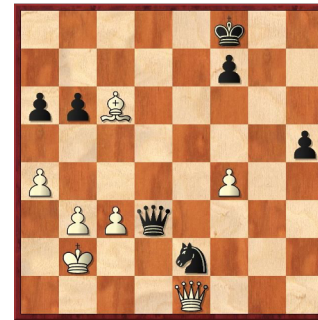
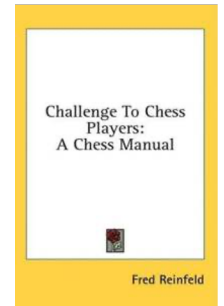


# El mapeo “genotipo-fenotipo”



Desde objetos que tienen estructuras que codifican información (estructuras genóticas) hasta estructuras que tienen función fenotípica y que pueden estar usadas en la implementación de estrategias



+

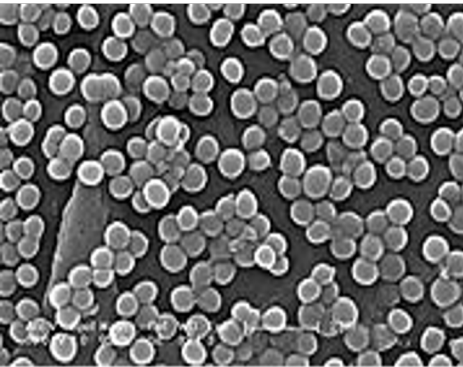


## Genotype and Phenotype

		
Phenotype:	purple flower	white flower
Genotype: (partial)	AA or Aa	aa



# ¿Quién esta más apto?



Electron micrograph of methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* bacteria. Source: U.S. Centers for Disease Control and Prevention





# ¿Qué hay de nuevo?

• Intercambio de información

- Genética

• Mutación

• **Recombinación**

• Otros operadores genéticos

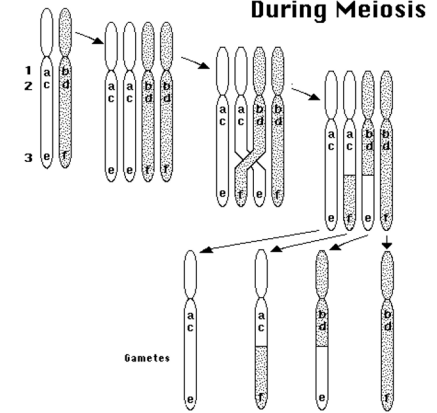
- Deleción, inserción, duplicación, ...

- No Genética

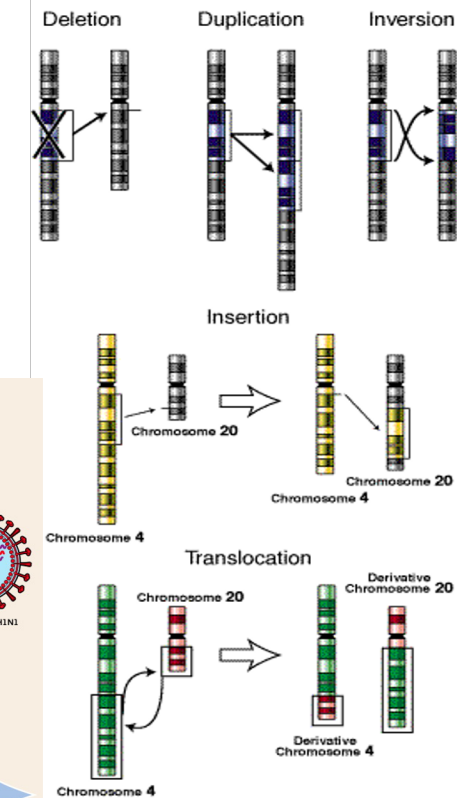
• Aprendizaje - creatividad

Evolución como innovación

Crossing-over and Recombination During Meiosis



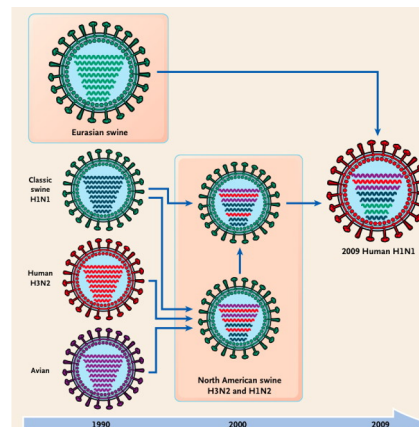
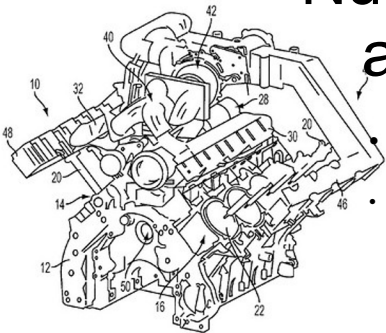
Types of mutation



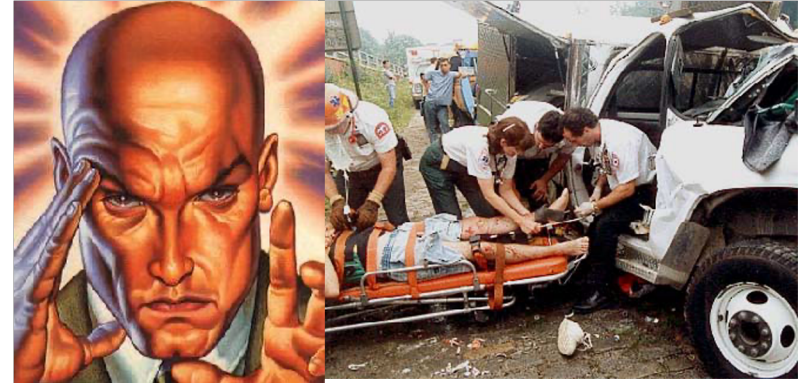
• Nuevos genotipos llevan a nuevos fenotipos

• Nuevas estructuras

• Nuevas estrategias



# ¿Quién tiene suerte?



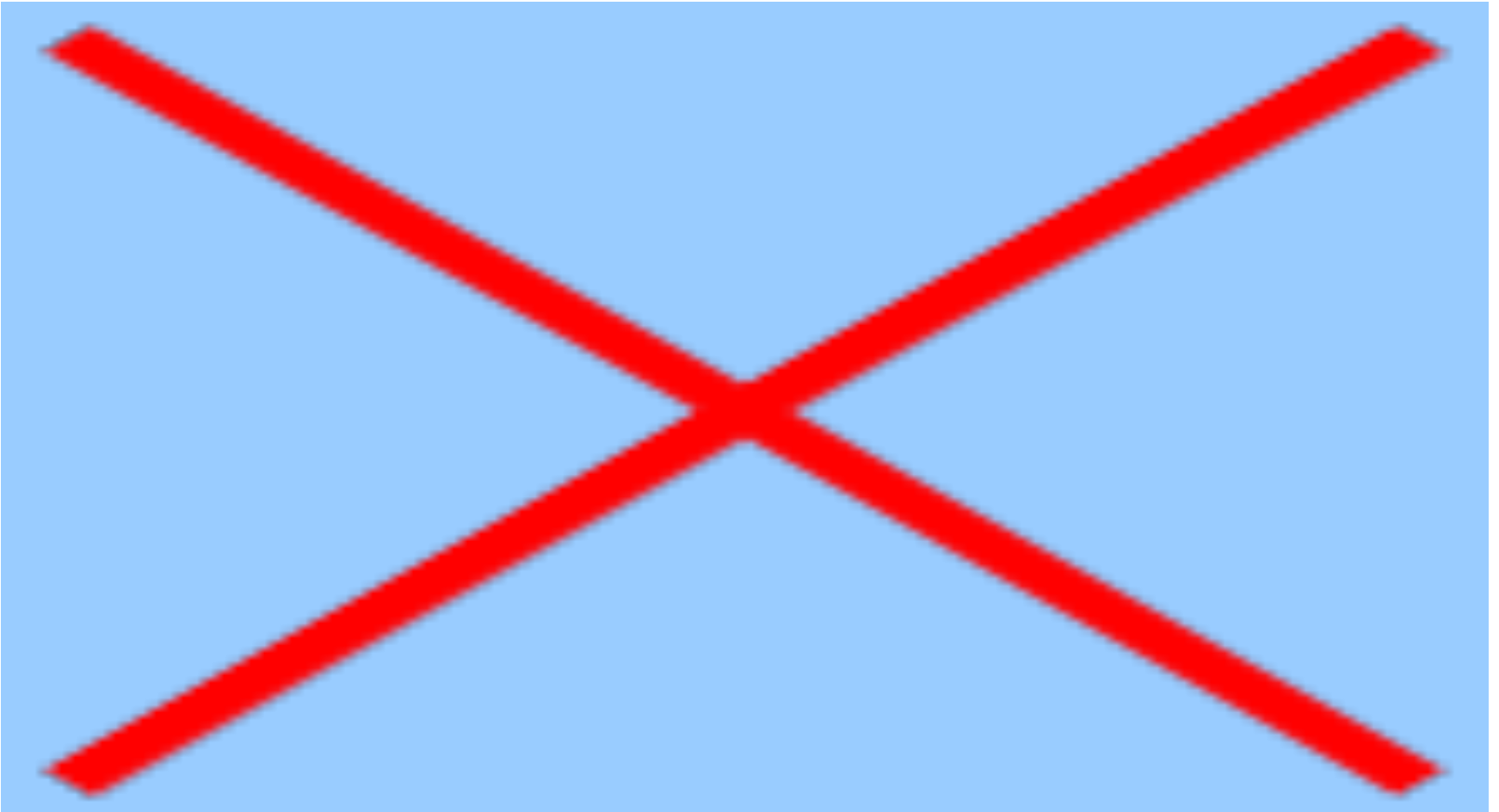
QWERTY KEYBOARD

~ `	! 1	@ 2	# 3	\$ 4	% 5	^ 6	& 7	* 8	( 9	) 0	- _	+ =	Delete
Tab	Q	W	E	R	T	Y	U	I	O	P	{ [	} ]	 \ /
Caps	A	S	D	F	G	H	J	K	L	:	" "	;	Enter
Shift	Z	X	C	V	B	N	M	< ,	> .	? /		Shift	
Ctrl		Alt									Alt		Ctrl



Estos elementos han sido el fundamento de la “teoría” de la evolución de Darwin y el síntesis moderno que incluye la genética.

# ¿Qué es una teoría?



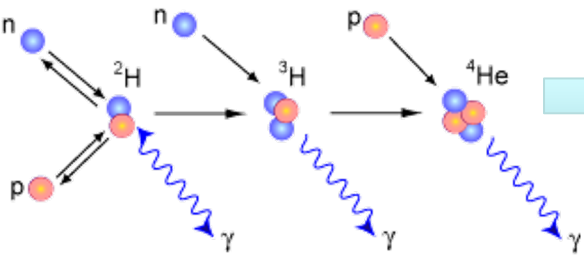


# **II Evolución y Jerarquías de Bloques Constructores**

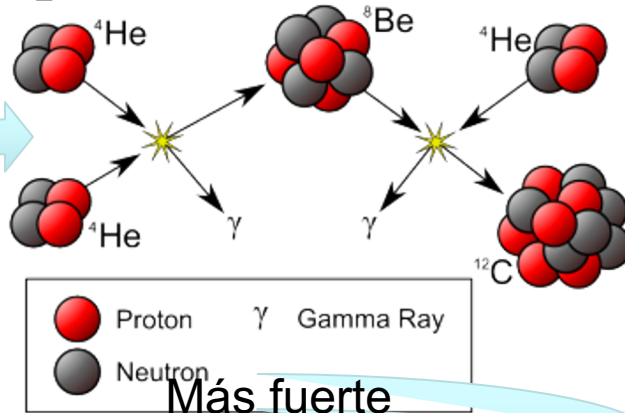


# La Construcción del Universo por Bloques Constructores

## Big Bang Nucleosynthesis



This shows one of the reaction sequences that produces a helium-4 nucleus from protons and neutrons. Other sequences are possible. The first stage is reversible due to photodisintegration by gamma photons.



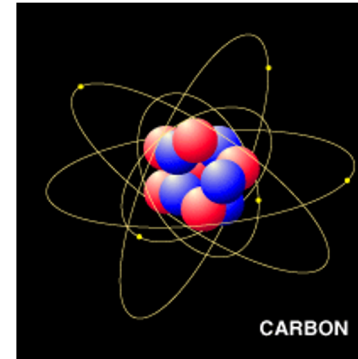
● Proton     $\gamma$  Gamma Ray  
● Neutron

Estos eventos son eventos de **recombinación** donde se crea algo nuevo de **bloques constructores** existentes

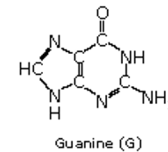
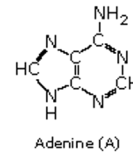
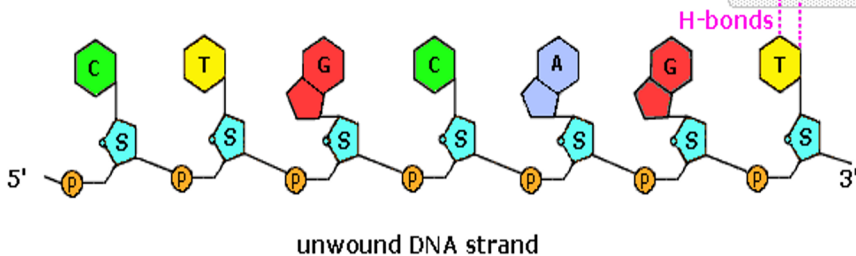
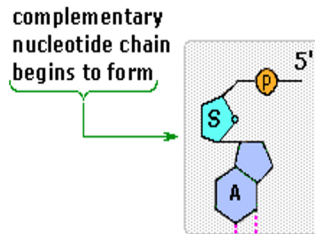
Más fuerte

Interacciones

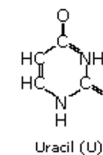
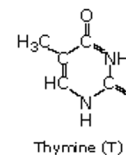
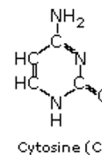
Más débil



P = phosphate  
S = 2'-deoxyribose  
 bases = T thymine    C cytosine    G guanine    A adenine



Purine bases (two rings)



Pyrimidine bases (one rings)

Botanía, Ecología, Biología

Biología de células, Genética

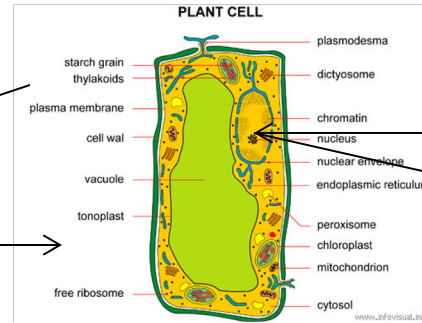
Bioquímica, biofísica, física molecular

10-1m

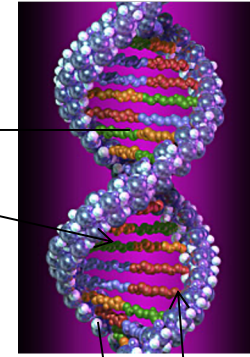


Color, tamaño, forma, hojas, raíces, frutas, número de pétalos, número de tipos de célula, número de genes, número y tipo de proteínas sintetizadas ...

**Ciencia "Reduccionista"**



10-5m



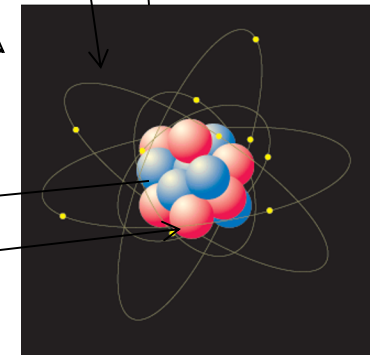
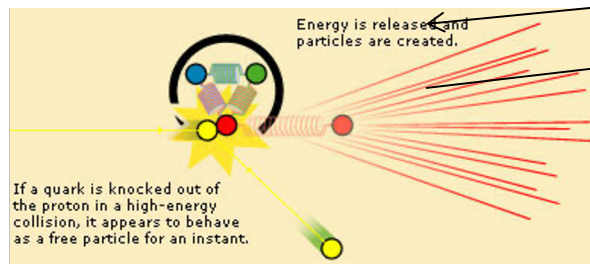
Macromolécula compuesto de 4 bases C, G, T y U, H, C, N y O.

10-9m

Química, Física atómica, Física nuclear

Bloques Constructores

Física de partículas



10-10m

Número de electrones, número de protones y neutrones, sus masas, cargas



- ¿Porqué son tan ubicuos los bloques constructores?
- Es la única manera para construir algo complejo
  - Ejemplo: construcción de un núcleo de fierro
  - Ejemplo: construcción de una célula
- Permiten la especialización funcional

# III La tiranía de las leyes físicas y la diferencia entre “ser” y “hacer”

## El mecánico

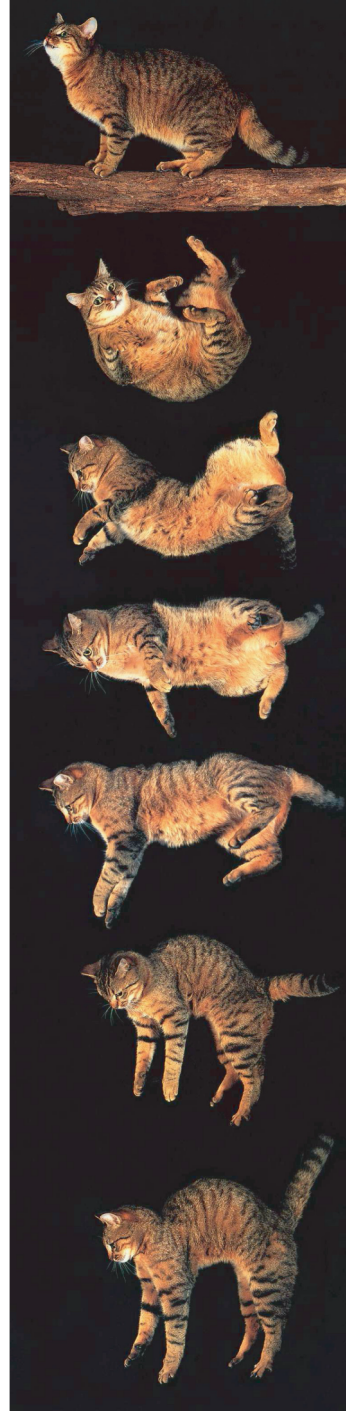
## El adaptativo

El gato es regido por las leyes de la física en exactamente la misma manera como la bola.

Se puede describir muchos de los procesos que ocurren en la caída del gato en términos de la ciencia tradicional – neurobiología, fisiología, física,...

Entonces... ¿Qué es la diferencia?

Aunque se puede describir, hasta un cierto punto, este gato individual no se puede entender porque lo hace





# **IV Modelación de la evolución**



# Estrategias Evolutivas

# La diferencia entre “ser” y “hacer”

En sistemas biológicos, económicos y sociales, i.e., los sistemas complejos adaptativos, organismos exhiben una alta diversidad de **ESTRATEGIAS** (reglas/modelos)

El estado dinámico de un individuo a  $t+1$  depende de no solamente el estado del individuo y de otros a tiempo  $t$  pero también de la estrategia (regla de actualización) seleccionada a tiempo  $t$ , que a su vez depende de las reglas de otros a  $t$ . Así, hay que trabajar en un espacio de estados  $Y$  estrategias/reglas/modelos – suena como teoría de juegos pero ...



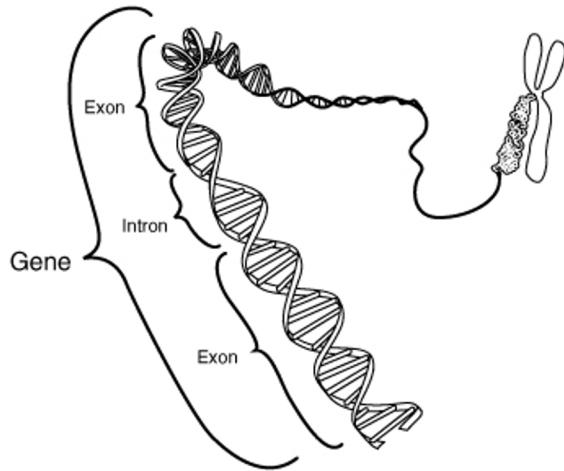
¡No sabemos como es este espacio!

Además, la ganancia para una estrategia es RELATIVA no absoluta. Ganancia debe ser una propiedad emergente. Imagínense al inicio de la evolución especificando a priori la aptitud de un león o una cucaracha!

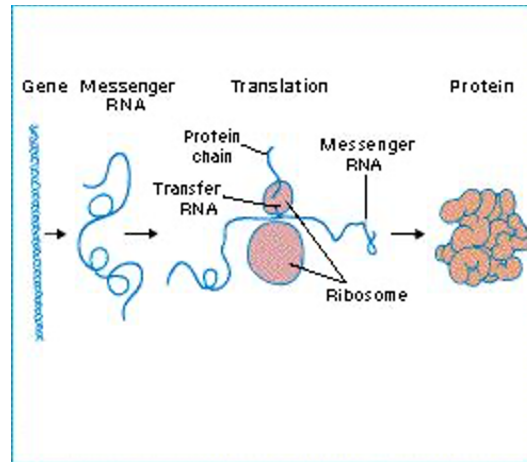
**Evolución como el  
desarrollo de  
“multi-tasking” por  
especialización**

- .No hay nada de la evolución que no es altamente modular
- .Módulos estructurales – bloques constructores - (con integridad espacio-temporal - generalmente)
- Genes, células, tejidos/órganos, equipos, departamentos, tribus, estructuras neuronales, letras, palabras, oraciones, libros, discos duros, DVDs,...



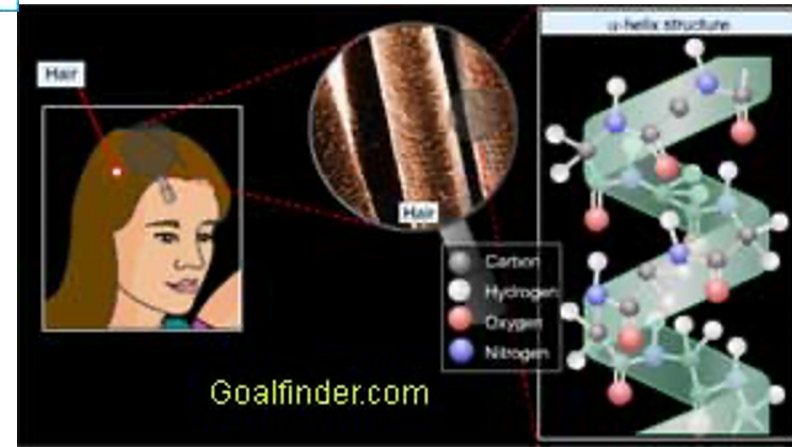


Modulo  
estructural  
genotípico



**Función**

Modulo  
estructural  
fenotípico



# Las ventajas de la especialización

PLANT CELL



Sitio para las reacciones dependientes de la luz de la fotosíntesis

starch grain  
thylakoids

plasma membrane

cell wal

Quitar "escombro";  
Aislar materiales peligrosas;  
Almacenamiento de materiales;  
Mantenamiento de presión o pH;

vacuole  
tonoplast

Construcción de proteínas

free ribosome

plasmodesma  
Canales para transportación

dictyosome  
Procesamiento y empaquetamiento de macromoléculas

chromatin  
nucleus  
Empaquetamiento y Fortalecimiento de ADN

nuclear envelope  
endoplasmic reticulum  
Regulación de expresión de los genes

peroxisome  
chloroplast  
Fotosíntesis

mitochondrion  
Generación de energía

cytosol

# La desventaja de la especialización



¿Quién es el mejor jugador de ajedrez?

Who writes better? Who reads better? Who runs better? Who can find food better? Who can find shelter better? Who can avoid danger better? Who can avoid predators better? Who can communicate better? Who can keep their own temperature constant better? Who can play cards better? Who can play tennis better? Who can make general mathematical models better? Who can make tools better? Who can drive a ...

**¿Quién muestra un comportamiento mas complejo?**

**¿Quién es mas “inteligente”?**

- .Mitocondria y cloroplastos como proteo-bacteria y cyano-bacteria se incorporaron en células primitivas convirtiéndose a organelos (**evento de “recombinación”**)
- .Evolución de herramientas como ejemplo de la especialización tecnológica
- .Comparar sociedades de “cazadores-colectores” con sociedades agrícolas
  - Soldados, sacerdotes, mercaderes, obreros,...(**eventos de “recombinación”**)



# Retos para la modelación de la evolución

- 1) Entender y modelar como emergen y se relacionen distintos niveles de bloques constructores
- 2) Adaptación – ¿qué es y cuando sale?
- 3) Modularidad – entender como partes diferentes de un sistema logran fines distintos y luego se unen como “bloques constructores” para formar cosas más complejas – efecto de la multi-objetividad
- 4) Aptitud como un fenómeno emergente
- 5) Desarrollo de marcos en que se puede trabajar en un espacio de “leyes” y estados
- 6) Estar metido en un “juego” donde las reglas cambian y no sabemos las ganancias
- 7) Modelar el fin de diferentes mecanismos a través de los cuales organismos intercambian información genética
- 8) Describir “meta-evolución” donde la selección natural afecta TODO