

Complejidad en la Toma de Decisiones

Chris Stephens,

C3 Centro de Ciencias de la Complejidad y

Instituto de Ciencias Nucleares, UNAM

Seminario de Sustentabilidad desde lo Complejo

07/05/2012

Advertencia

.Esta platica pueden ser nocivas para la salud

-Voy a especular. Voy a retarme y, espero, a ustedes.

-Voy a meterme en temas y disciplinas y preguntas donde no soy experto.

.Estoy preparado para estar cuestionado, corregido y enseñado.

¿Qué es una Decisión?

- .Una selección entre alternativas implicando un cambio de estado
 - Asociada con una acción, no con cosas
 - Asociada con una “estrategia”
 - ¿Cómo enumerar las alternativas?
 - ¿Cómo ponderar las alternativas?
 - ¿Qué factores se toma en cuenta?
 - Escalas de tiempo
 - “Racional” versus “irracional”
 - “Emocional” versus “lógico”
 - Explicito versus implícito
 - nivel individual versus grupal



La Evolución y la Toma de Decisiones

• “Decisiones”

- Normalmente pensamos en las decisiones como algo más humano asociado con la voluntad libre

- ¡Somos autómatas! En la mayoría...

- Una bola en un campo gravitacional

- Un gato en un campo gravitacional

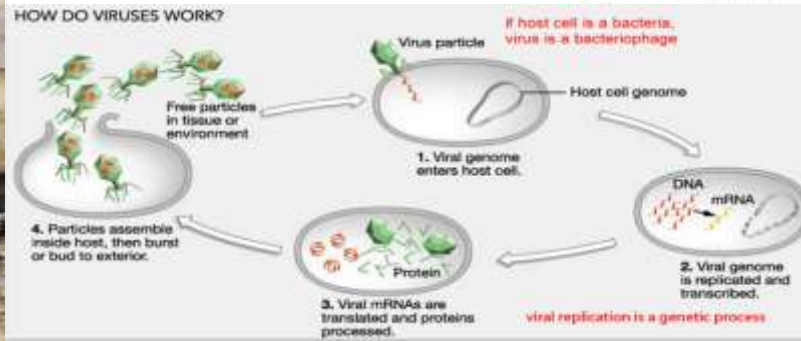
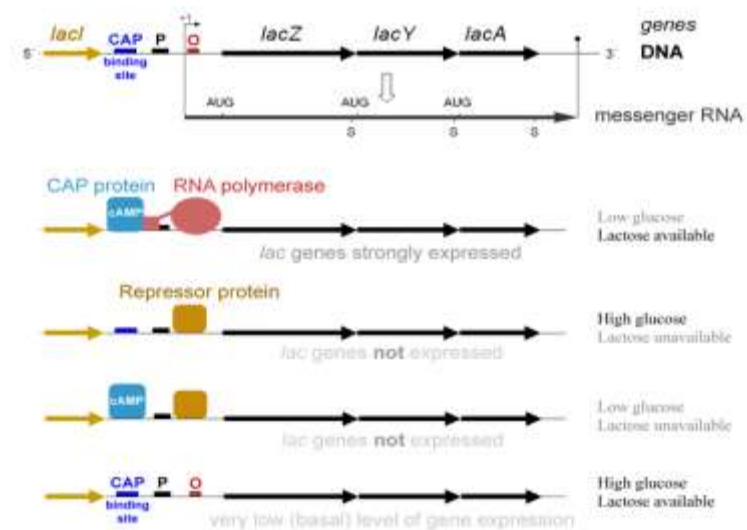
- Un ser humano en un campo gravitacional

Ejemplos de “decisiones”

- .Reproducción viral
- .Bacteria o célula siguiendo un gradiente químico (Lac operon)
- .Un gato cayendo
- .Buscar pareja
- .Comer



The *lac* Operon and its Control Elements



Decisiones

- .Decisiones están asociadas unicamente con **Sistemas Complejos Adaptativos** (SCAs)
- .Piedras no toman “decisiones”, pero hormigas y humanos si
- .Hay que hablar de complejidad y evolución
- .Decisiones están tomados al nivel “individual” y al nivel “colectivo” en una jerarquía de distintos escalas espacio-temporales
- Modularity, Multi-tasking y especialización

¿Qué es la complejidad?

.Ha habido muchas definiciones de la complejidad, el problema es que las definiciones de complejidad no discriminan – ¡demasiado falsos positivos!

.Quizá contienen algunas condiciones necesarias pero, indudablemente, no suficientes.

.Otras palabras y conceptos comunes en discusiones de la complejidad

.Emergencia

.Reduccionista

.Orden/desorden/Borde de Caos

.Incertidumbre, imprevisibilidad

.Auto-organización

Muchos grados
de libertad

Interacciones
no lineales

Complejidad

Exhiben
comportamiento
complejo

Difícil
entender

Estructura con
variaciones

Sensibilidad
a condiciones
iniciales

¿Qué distingue los fenómenos complejos de los no complejos?

.Propiedades estructurales

- Una “jerarquía” de muchas diferentes escalas
- Grados de libertad efectivos (“colectividad”) cualitativamente diferentes a escalas diferentes
- Jerarquía de **bloques constructores** (modularidad)
- Interacciones “intra-bloque” más fuerte que “inter-bloque”
- El micro se une con el macro (adecuación, semántica,...)

.Propiedades funcionales

- Sistemas que son **adaptativos**
- Una evolución dinámica que depende de muchas **reglas/estrategias** diferentes.
- Sistemas que **“aprenden”** (retroalimentación del ambiente al sistema que se usa para actualizar las reglas)
- El micro se une con el macro (adecuación, semántica,...)
- Comportamiento más complejo (el “fenotipo”)
- Mejor descritos por lo que hacen más que en lo que son

¿Qué es la Evolución?

La fuente de la adaptación

Condiciones para el desarrollo de la complejidad

Características de la Evolución

·¿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?

¿Qué esta evolucionando?

.“Objetos” que codifican información

- Genética
- Neuronal
- Cultural
- Lenguajes

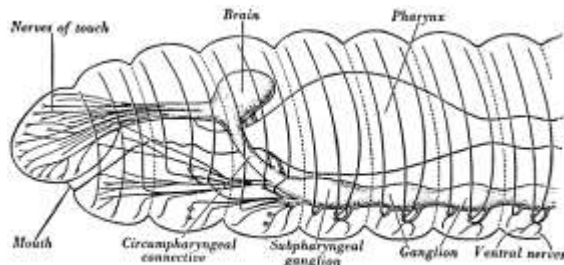
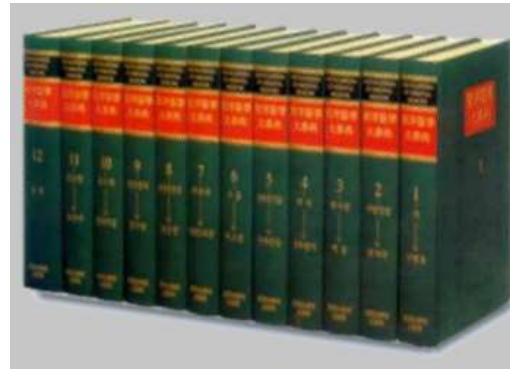


FIG. 159. Nervous System of Earthworm



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

El mapeo “genotipo-fenotipo”

Desde objetos que tienen estructuras que codifican información (estructuras genotípicas) 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?

¿Qué hay de nuevo?

• Intercambio de información

- Genética

• Mutación

• **Recombinación**

• Otros operadores genéticos

- Deleción, inserción, duplicación,...

- No Genética

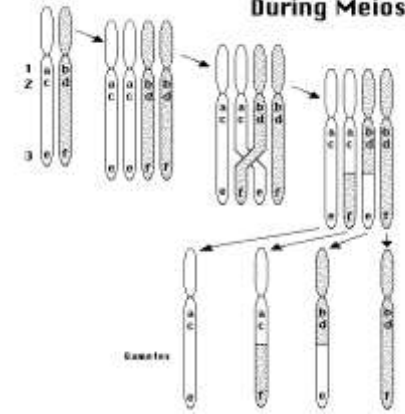
• Aprendizaje - creatividad

• Nuevos genotipos llevan a nuevos fenotipos

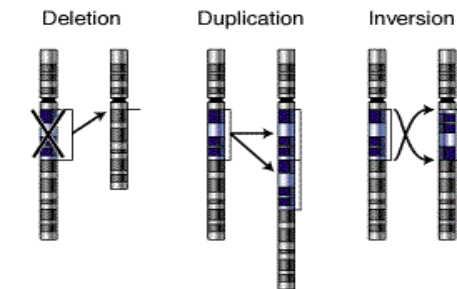
- Nuevas estructuras
- Nuevas estrategias

Evolución como innovación

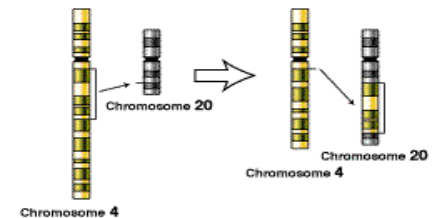
Crossing-over and Recombination During Meiosis



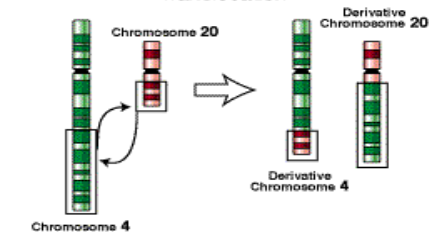
Types of mutation



Insertion



Translocation



¿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

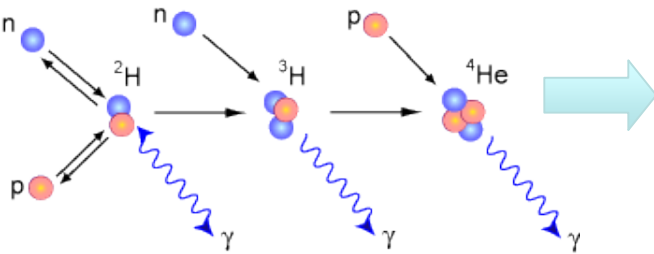


Jerarquías de Bloques Constructores:

Decisiones a múltiples escalas

La Construcción del Universo por Bloques Constructores

Big Bang Nucleosynthesis



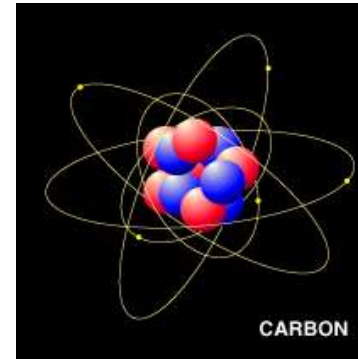
This shows one of the reaction sequences that produces a helium-4 nucleus from protons and neutrons. Other sequences are possible. The first stage is reversible due to photodisintegration by gamma photons.

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

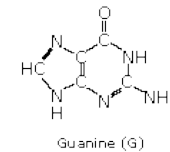
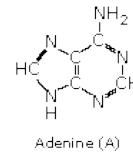
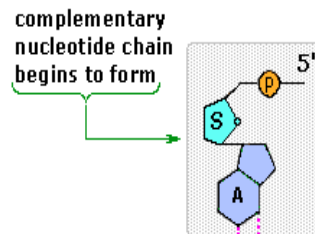
Más fuerte

Interacciones

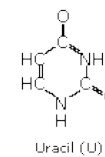
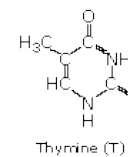
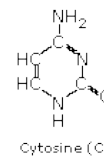
Más débil



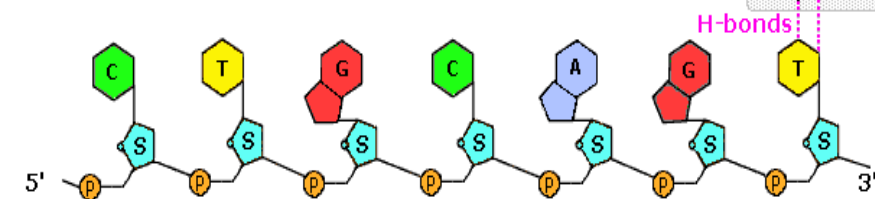
P = phosphate
S = 2'-deoxyribose
 bases = T C G A
 thymine cytosine guanine adenine



Purine bases (two rings)



Pyrimidine bases (one rings)



unwound DNA strand

H-bonds!

- ¿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

**Porque los sistemas físicos
no toman decisiones:
La tiranía de las leyes
físicas y la diferencia entre
“ser” y “hacer”**

El mecánico

**No hay
decisiones**

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

El adaptativo

Si hay decisiones



0

1

4

9

16

25

36

49

64

81

100

Estrategias Evolutivas: Decisiones buenas versus malas



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

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 y complejidad
como el desarrollo de
“multi-tasking” por
especialización:
tomando decisiones
colectivamente**

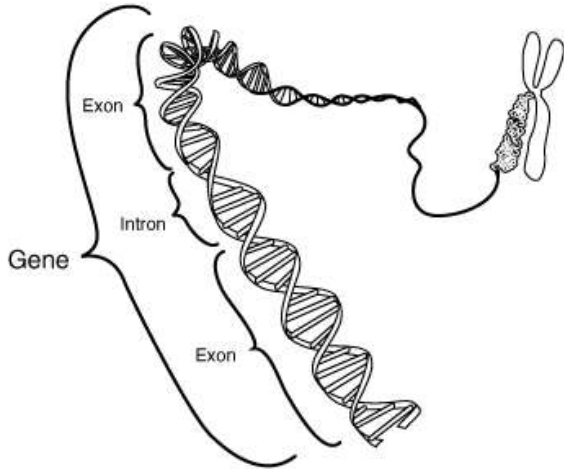
Modularidad

.No hay nada complejo que no es altamente modular

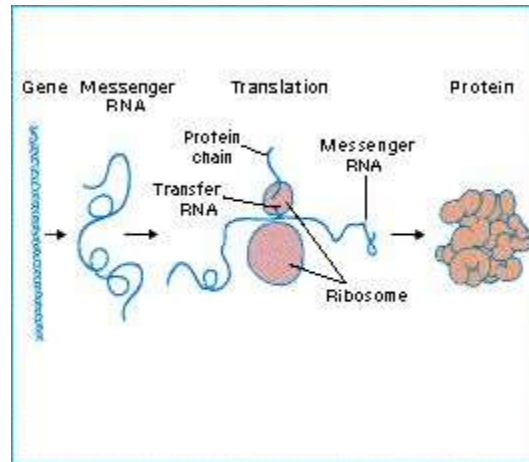
.Módulos estructurales – bloques constructores - (con integridad espacio-temporal - generalmente)

-Genes, células, tejidos/órganos, equipos, departamentos, tribus, estructuras neuronales, letras, palabras, oraciones, libros, discos duros, DVDs,...

Modularidad y Especialización



Modulo
estructural
genotípico



Función

Modulo
estructural
fenotípico

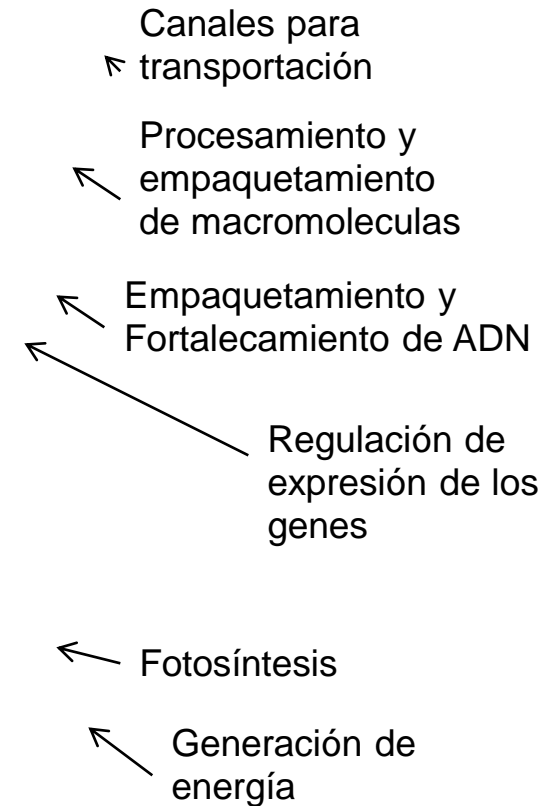


Las ventajas de la especialización

Sitio para las reacciones dependientes de la luz de la fotosíntesis →

Quitar “escombros”;
Aislar materiales peligrosas; →
Almacenamiento de materiales;
Mantenimiento de presión o pH;

Construcción de proteínas →



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”?

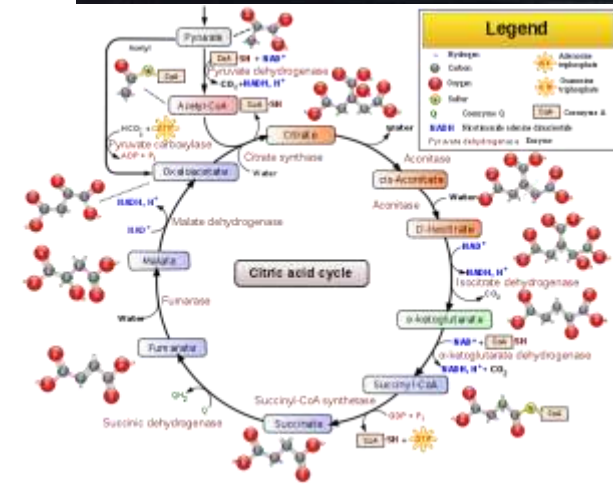
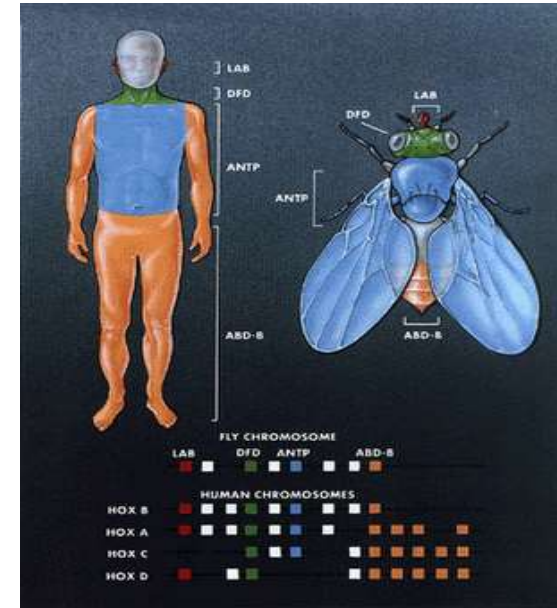
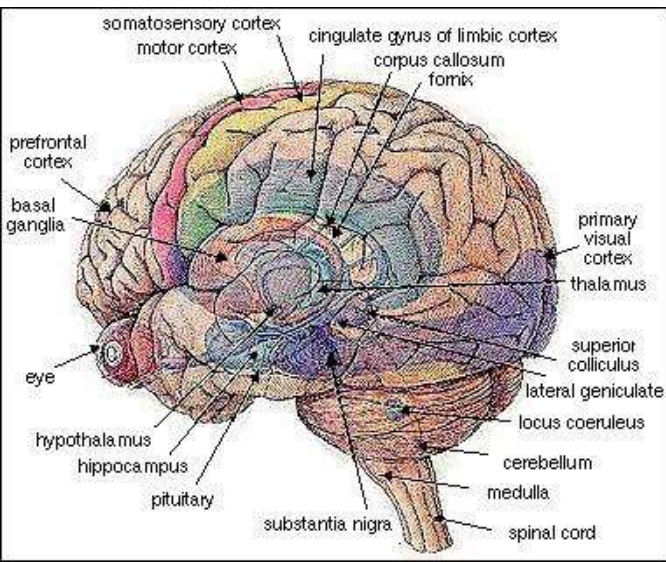
La Evolución de la Especialización

- .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”**)

La Evolución Humana

.Características (adaptaciones) comunes con otras especies

- Hox genes
- Metabolismo (genes antiguos)
- Sistema inmune
- Corazón, cerebro, pulmones,...



La Evolución Humana

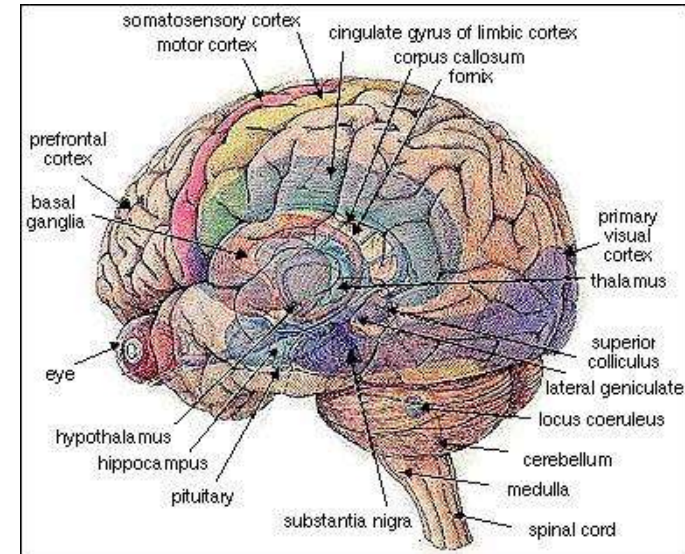
.Características (adaptaciones) especiales en los seres humanos (o primates)

-Estructurales

- Pulgares opuestas
- Caminar recto
- Sudar por todo el cuerpo

-Mentales

- Cerebros grandes
- Lenguaje
- Consciencia secundaria
- Libre albedrío



La Evolución Humana

.Comportamientos (“estrategias”)

-Toser

-Buscar alimentos

-Dolor

-Inflamación

.La evolución da el “porque” de estos comportamientos. Y estos...

-Comer grasas y azúcares

-Sobre consumir, tanto alimentos como bienes

-Ser sedentario

-Fumar y otras adicciones

**¿Decisiones buenas o
decisiones malas?**

Algunas Decisiones Humanas



Tonic neck reflex



Grasp reflex



Step reflex



Crawl reflex

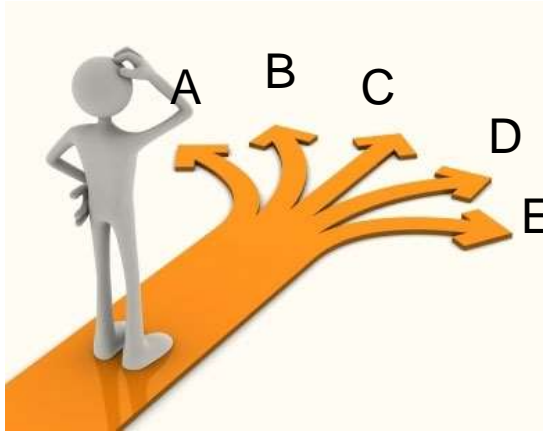


Teoría Racional de Decisiones

Alternativas: A, B, C, D, E

Preferencias: $P(A)$, $P(B)$, $P(C)$, $P(D)$, $P(E)$

Para tomar una decisión racional se ranquea las alternativas por sus preferencias y adopta la alternativa con mayor preferencia



Puede hacer la comparación $P(i) > o < P(j)$ para todas las alternativas

Si $P(i) > P(j)$ y $P(j) > P(k)$ entonces $P(i) > P(k)$

Ejemplo de la racionalidad: El dilema del prisionero

	Prisionero B se mantiene silencioso	Prisionero B traiciona
Prisionero A se mantiene silencioso	Cada uno recibe sentencia de 6 meses	Prisionero A: 10 años Prisionero B: se libera
Prisionero A traiciona	Prisionero A: se libera Prisionero B: 10 años	Cada uno recibe sentencia de 5 años

¿Se aplica únicamente a los seres humanos?

Lo racional es siempre traicionar – ¡piensa sobre manejar en el DF!

Decisiones en Grupo

·¿Quién toma decisiones?

-Individuos, familias, empresas, gobiernos, muchas otras unidades organizacionales

	P	$if P then Q$	Q
Individual 1	true	true	true
Individual 2	false	true	false
Individual 3	true	false	
Society	false true	true	false

Si votamos por mayoría entonces la sociedad no es lógico/racional

¿Porqué tomamos “malas” decisiones? ¿Qué es racional?

.Comiendo azucares y grasas y comiendo mucho

-El “thrifty genotype”

.Sobre consumir o adquirir bienes

-Ventaja reproductiva para los hombres

.Ser sedentario

-Gasto innecesario de energía

.Fumar y otras adicciones

-Dopaminas

.Debate intelectual

¿Podemos imaginar la Complejidad de las Decisiones?

.Vivimos el complejo cada día

-Todos los procesos autonómicos

- Involucran un sinfín de factores a múltiples escalas

- Metabolismo, sistema inmune, respirar

-Todos los procesos “semi-autonómicos”

- Involucran un sinfín de factores a múltiples escalas

- Manejar, caminar, sonreír

-Todos los procesos conscientes

- “No involucran tantos factores”

- Hablar, calcular

-La relación entre el consciente y el inconsciente

Conclusiones

Decisiones son una propiedad de los Sistemas Complejos Adaptativos

Ocurren a múltiples escalas espacio-temporales entre diferentes bloques constructores

Involucran un gran número de factores que las afectan

Hay un espectro de albedrío libre/determinismo en la toma de decisiones. La mezcla depende de la decisión misma

Entendiendo como tomamos decisiones y que las influyen tiene un gran importancia en salud pública, el ambiente y otros aspectos de la sustentabilidad

Bibliografía

- .La Idea Peligrosa de Darwin, Dan Dennett,
- .La Hipotesis de la Felicidad, Jonathan Haidt
- .The Emotional Brain, Joseph Ledoux
- .The Architecture of Complexity, Herb Simon
- .Ernst Mayer
- .The Remembered Present: A Biological Theory of Consciousness, [Gerald Edelman](#), Basic Books, EU, 1990
- .Sugars and Fats: The Neurobiology of Preference, Allen S. Levine, Catherine M. Kotz and Blake A. Gosnell, J. Nutr. 133:831S-834S, 2003

Bibliografía

- .Relation of Obesity to Consummatory and Anticipatory Food Reward, Eric Stice, Sonja Spoor, Janet Ng, David H. Zald, *Physiol Behav.* 2009 July 14; 97(5): 551–560.
- .Neel JV (1962). "Diabetes mellitus: a "thrifty" genotype rendered detrimental by "progress"?". *Am. J. Hum. Genet.* 14: 353–62.
- .Fleurbaey, M. 2007. "Social Choice and Just Institutions: New Perspectives", *Economics and Philosophy* 23:15-43.
- .Gerrard, B . 1993. *The Economics of Rationality.* London: Routledge.