



La Ciencia de la Complejidad para las Ciencias de la Complejidad: Desafíos para las Ciencias Políticas y Sociales

Chris Stephens, C3-Centro de Ciencias de la Complejidad y Instituto
de Ciencias Nucleares, UNAM

Seminario Permanente del Programa de Posgrado en Ciencias Políticas y Sociales
20/10/2015

Ciencias...

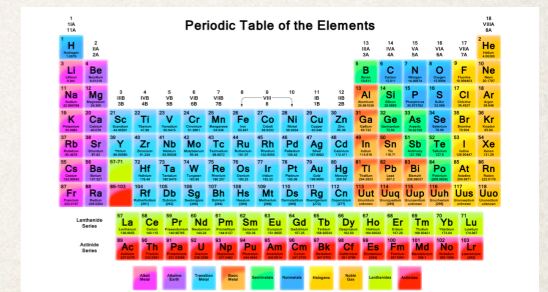
...Políticas

...de la Complejidad

...Sociales

Como se hace “ciencia” en breve...

- ❖ **El Método Científico:** Observación sistemática, medición y experimento, y la formulación, prueba y modificación de hipótesis
- ❖ **Fenomenología** - un cuerpo de conocimiento que relaciona observaciones empíricas de fenómenos entre sí, en una manera que es consistente con teoría fundamental pero no es derivado directamente de la teoría.
- ❖ **Taxonomía** - la práctica y ciencia de clasificación. Una clasificación de cosas o conceptos y los principios que fundamentan tal clasificación.
 - ❖ Ejemplos: Medicina, astronomía, química, biología, física,...
- ❖ **Ley científica** - cuando un fenómeno particular siempre ocurre cuando ciertas condiciones están presentes



Periodic Table of the Elements

The image shows a standard periodic table of elements, color-coded by groups. It includes the title 'Periodic Table of the Elements' at the top. The table is organized into rows and columns, with elements labeled by their chemical symbols. The colors used include shades of blue, green, yellow, orange, red, and purple.



El propósito principal
Porque hay que poder
de la ciencia es
predecir para poder...

De decir

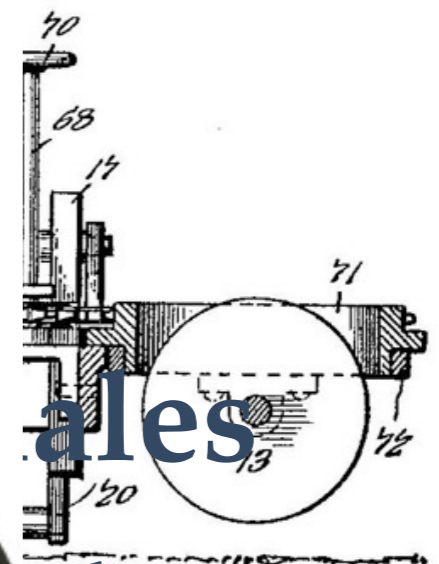
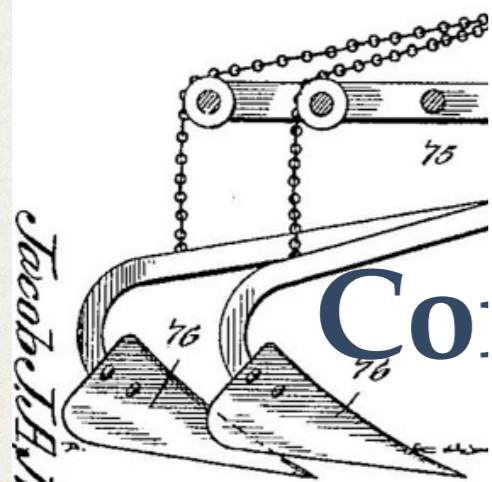
Predicción y la ciencia: los últimos 3 siglos



NO EXCEPTIONS.
De hecho...

¿Cómo

...minas?



Co:
ales
la ley.
El muros somos esclavos de la ley quina



Universalidad

Todos somos iguales bajo la ley



Pero en la física y la química...
una vez que has visto un gas
perfecto, has visto a todos! En
generalmente, no necesitas
datos en todos los
lugares y en todos los
tiempos!
no hay muchos por decir



**¿Qué es la Complejidad?
y en las Ciencias de
la Complejidad?**

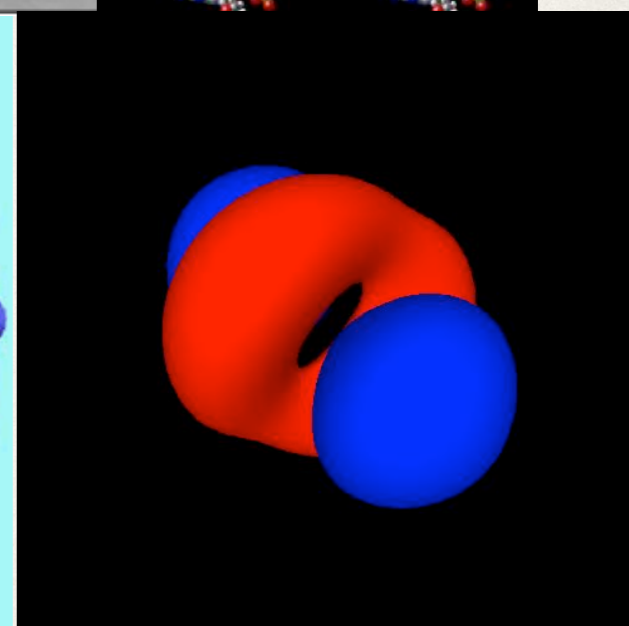
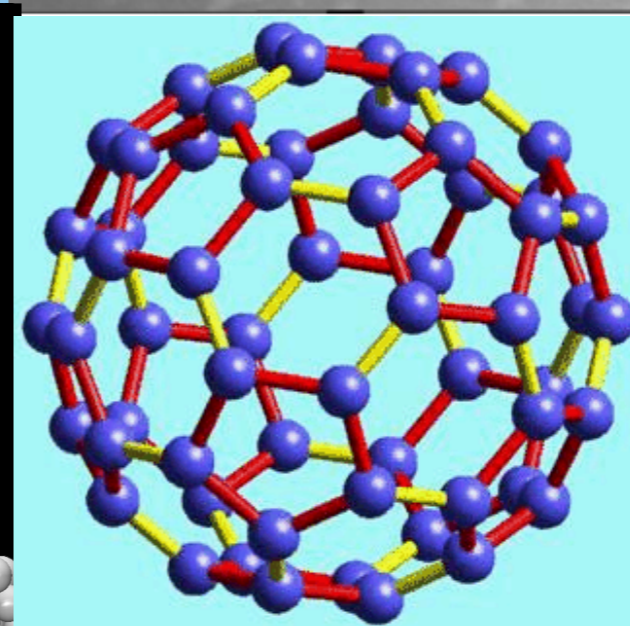
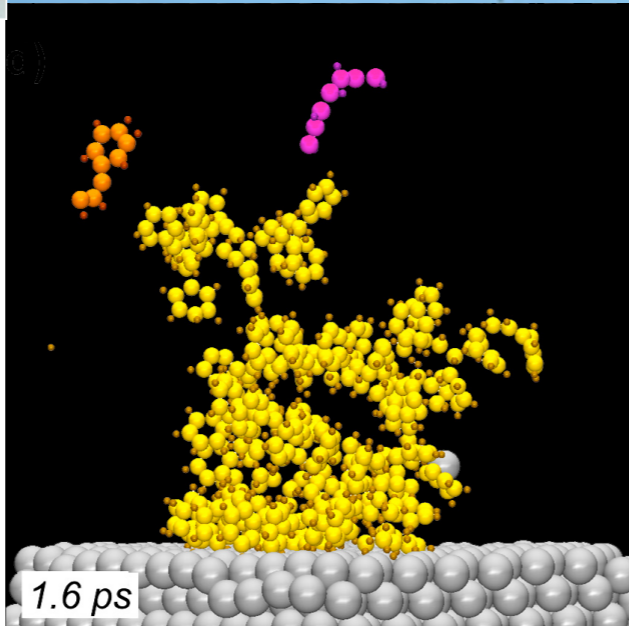
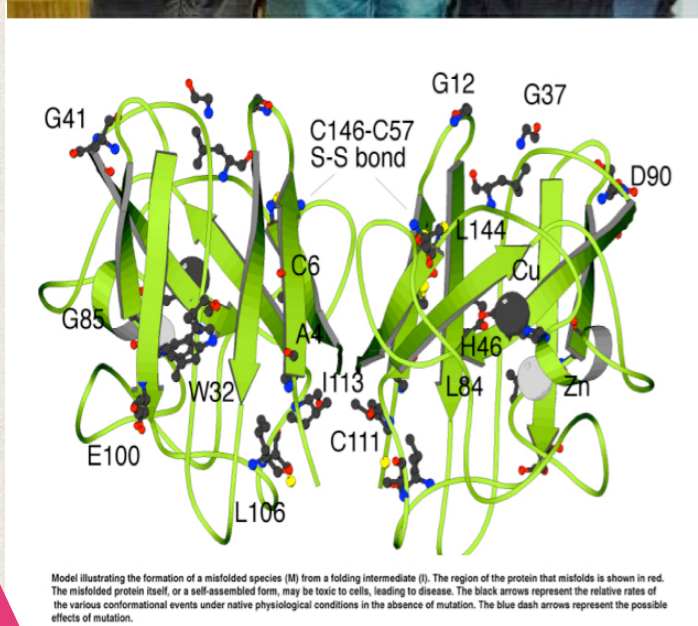
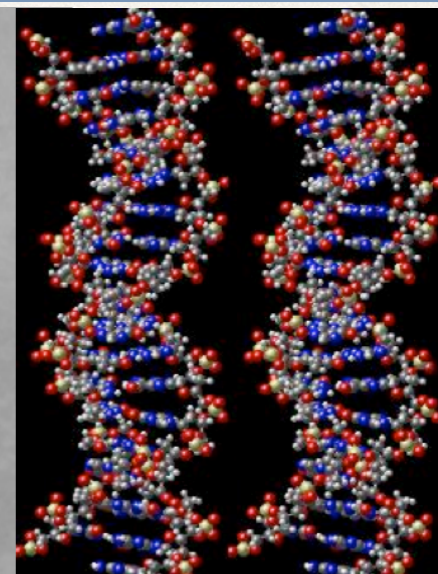
La Complejidad Física

Sistemas Complejos-Sistemas Simples



¿Máquinas?

Simplicidad



Complejidad

¿Máquinas?



La Complejidad Simbólica

Sistemas Complejos-Sistemas Simples

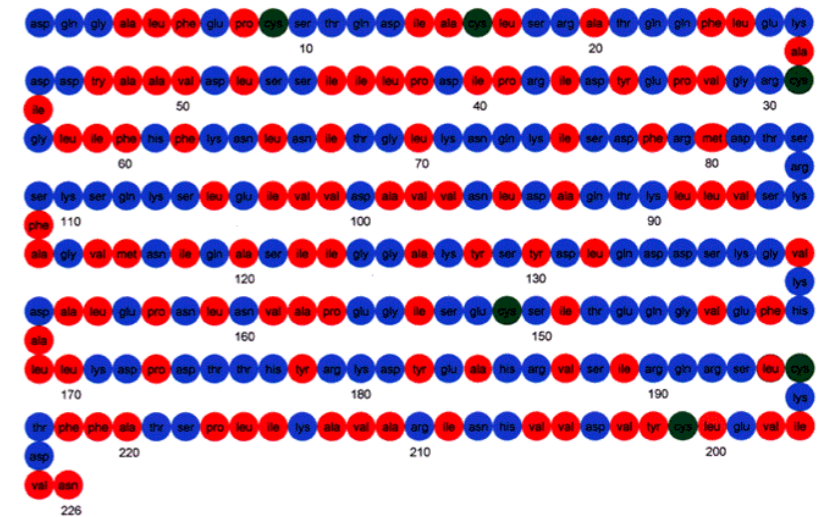
To be, or not to be--that is the question:
Whether 'tis nobler in the mind to suffer
The slings and arrows of outrageous fortune
Or to take arms against a sea of troubles
And by opposing end them. To die, to sleep--
No more--and by a sleep to say we end
The heartache, and the thousand natural shocks
That flesh is heir to. 'Tis a consummation
Devoutly to be wished. To die, to sleep--
To sleep--perchance to dream: ay, there's the rub,
For in that sleep of death what dreams may come
When we have shuffled off this mortal coil,
Must give us pause.

Human nucleotide sequence

```
AAAAGAAAAGGTTAGAAAGATGAGAGATGATAAAAGGTCATTTGAGGTTAGGTAAT
ATGGTTTGGTATCCCTGTAGTTAAAGTTTTTGTCTTATTTTGAATACGTGACTA
TTTCTTTAGTATTAATTTTCCTTCCTGTTTTCTCATCTAGGGAAACCCAAAGCAT
CCAATAGAAGCTGTGCAATTAATGTAATAATTTTCACTGCTTCCCTCAAAATAAGAA
GTATGGTAATCTTTACCTGTATACAGTGCAGAGCCTTCAGAAAGCACAGAATATTT
TTATATTTTCTTTATGTAATTTTAAAGCTGCAAACTGATGGCCTTAATTTCTTTT
TTGACACTGAAAAGTTTTGTAAAAGAAATCATGTCATACACTTGTGCAAGATGTG
AATTATTGACACTGAACTTAAATACTGTGTACTGTTCCGAAGGGTTCTCAAAATTT
TTTGACTTTTTTGTATGTTGTTTTTCTTTTTTTTAAAGTTCTTATGAGGAGGGA
GGGTAATAAACCACTGTGCGTCTTGGTGTAAATTTGAAAGATTGCCCATCTAGACTA
GCAATCTCTTCATTATTCTCTGCTATAATAAAAACGGTGTGAGGGAGGGGAAAA
GCATTTTTCAATATATTGAACTTTTGTACTGAAATTTTTTGTAAATAAGCAAACAAGG
TTATAATTTTTTTAAATAGAAATTTTGTAAAGGCAATATTAACCTAAATCAACA
TGTAAGCACTCTGGATGATGGATTCCACAAAACCTGGTTTTTATGGTTACTTCTTCTC
TTAGATTCTTAAATTCATGAGGAGGGTGGGGAGGGTGGAGGGAGGGAGGGGTTT
CTCTATTAATAATGCATTCGTTGTGTTTTTAAAGATAGTGAACCTGCTAAAATTTCTT
ATGTGACATTAACAAATAAAAAGCTCTTTTTAATATTAATAATA
```

49

Amino Acid Sequence of hJHBP



aaaa aaaa aaaa aaaa aaaa aaaa aaaa... "cristalina"

asmjgre fj sdjf s rege geoiie rgeasdff... "amorfa"

... _ _ ... _ _ _ _ _ ... _ _ _ _ _ ... "layered"

1001 110 11001 1111 10101 1 10010 101 1101 1 10010 10010 ... "?"

If you are married or are a man and woman living together as "complejo"
if you are married you must claim jointly ...

¿Como se reconoce 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

Complejidad

Muchos grados de libertad

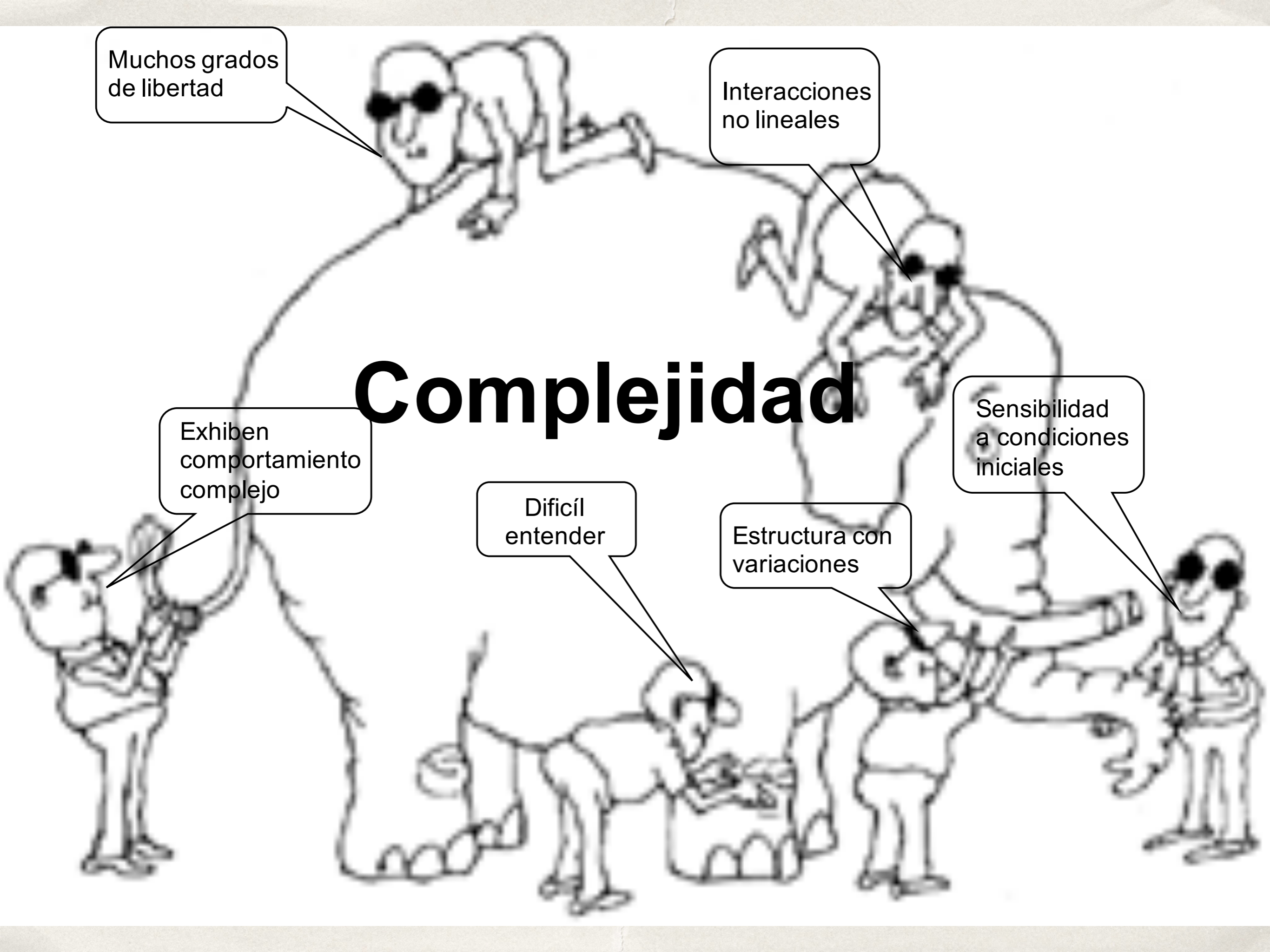
Interacciones no lineales

Exhiben comportamiento complejo

Sensibilidad a condiciones iniciales

Difícil entender

Estructura con variaciones





¿Qué distingue los Sistemas Complejos de los Sistemas Simples?

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 (degradación, semántica, ...)
- Comportamiento más complejo (fenotipo)
- Mejor descritos por lo que hacen más que en lo que son

Propiedades estructurales

- Una “jerarquía” de muchas diferentes escalas
- Grados de libertad efectivos (“colectividad”) cuantitativamente diferentes a escalas diferentes
- Jerarquía de **bloques constructores** (modularidad)
- Interacciones “intra-bloque” más fuerte que “inter-bloque”



Predictibilidad en los Sistemas

Simple versus los Sistemas Complejos

Mechanistic

Adaptive

The *evolution* of function
 The difference between complex and simple systems is the difference between systems that do the same thing in the same way and those that have done it together of physics as it pays.

Complexity is a consequence
 of that revolution.



Predictibilidad en los Sistemas Simples versus los Sistemas Complejos

1) Suelto un objeto de mi mano. ¿Qué pasará?

Cae al suelo 100% Se queda colgado en el aire 0%

2) Dejo dos objetos de distintas masas caen de mis manos.
¿Cuál tocará piso primero?

Lo mas pesado 0% Lo menos pesado 0% Ambos al mismo tiempo 100%

3) Empujo este objeto con mi mano. ¿Qué pasa?

Se mueve 100% Se queda sin mover 0%

Fenomenología: experiencia cotidiana Las leyes de Newton

¿Qué es predecible?

¿Los seres humanos?



1) No han tomado agua (ningún líquido) en tres días. Alguien te ofrece un litro de agua o una caja de hojuelas. ¿Qué seleccionas?

Agua 100%

Hojuelas 0%

2) Hay un incendio grave en el auditorio y suena la alarma. Yo les invito esperar hasta el final de mi plática o se huyen. ¿Qué haces?

Huyes 100%

Se queda 0%

3) Tienen mucho, mucho hambre. Alguien les ofrece una comida de 1500 calorías para satisfacerles. Pueden seleccionar entre carnitas, enchiladas suizas y frijoles negros; o puro apio (7.5kg). ¿Qué seleccionas?

Carnitas etc. 100%

Apio 0%

¿Qué es predecible?

¿Los seres humanos?



4) No han tomado agua (ningún líquido) en tres días. Alguien te ofrece un litro de Coca-cola o un litro de Pepsi. ¿Qué seleccionas?

Coca cola 70%

Pepsi 30%

5) Hay un incendio grave en el auditorio y suena la alarma. Llegaste a la salida pero notas alguien quien no conoces atrapado. Regresas para tratar de ayudarles arriesgando tu propia vida o sigues corriendo?

Si regresas 50%

No regresas 50%

6) Tienen mucho, mucho hambre. Alguien les ofrece una comida de 1500 calorías para satisfacerles. Pueden seleccionar entre carnitas, enchiladas suizas y frijoles negros; o barbacoa, chicharrón y arroz ¿Qué seleccionas?

Carnitas etc. 50%

Barbacoa etc. 50%

¿Qué es predecible?



- 1) ¿Quién de ustedes será obeso en 20-30 años?
- 2) ¿Quién de ustedes padecerá de diabetes en 30-40 años?
- 3) ¿Quién de ustedes morirá antes de 70 por un mal estilo de vida?
- 4) ¿Cuánta biodiversidad perderá México en los próximos 50 años?
- 5) ¿Qué acciones (factibles) resultarán en una reducción del número de personas en situación de calle?
- 6) ¿Habrá computadoras inteligentes (estilo Hal2000 de la película 2001 A Space Odyssey) en 20 años?

y muchísimas otras



¿Qué más distingue los Sistemas Complejos de los Sistemas Simples?



mucho p



Imagine que puedes decir acerca de una ciudad

versus

un cristal tan grande como una ciudad!

Las Ciencias de la Complejidad necesitan enormes cantidades de datos



¿De donde sacamos esos datos?

Afortunadamente, ha habido una revolución de datos.





La revolución de datos



We can now track and record what is happening in the world like never before.

For example, a financial market where...

every transaction that occurs is processed (a summary of relevant information is determined) and then electronically stored.

CREDIT SUISSE FX TWAP Algo	
Type	Spot
Pair	EURUSD Buys EUR
Tenor	SPOT 09/10/2008
Amount	12,000,000.00 EUR
Order Type	Limit
Limit Price	1.4125
Start Time	10:00:00
End Time	14:00:00
Execution Style	Normal

Submit Close

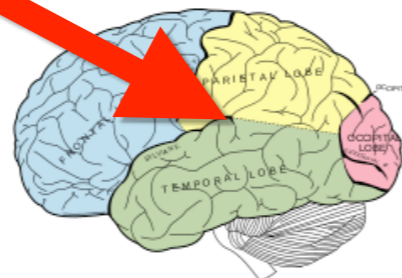


La revolución de datos

Revolución en la generación de datos



Cerebro humano
10-100 Terabytes



Todos los libros en el mundo
30-50 Terabytes



Revolución en el análisis de datos

Revolución en el almacenamiento de datos



En forma electrónica
1 zettabyte



¿Qué representan estos datos?

¡Sistemas complejos!

El mundo "real" en que vivimos - sucio, incierto, complejo,...

Symptoms

- Fever
- Fever disappears, rash begins
- Fever every other day
- Fever in neutropenic patient
- Fever, low grade
- Fever, prolonged
- Few or no friends or loss of previous friends
- Fibrillation, atrial
- Fibrocystic Breast Disease
- Fibrosarcoma
- Fibromyalgia
- Fibrosis
- Floating
- Fine tremor
- Fine, frothy bubbles of mucus at lips or

Description

Fever is a raised body temperature to the point of causing damage. It can be classified as low, medium, or high; remittent, intermittent, or undulant; brief or prolonged. Medical Causes: Immune complex dysfunction, infectious and inflammatory disorders, Neoplasms, Thermoregulatory dysfunction, West Nile encephalitis. Other causes: Diagnostic tests, Drugs, Treatments.

Sources

- Medline Plus
- Professional Guide to Signs and Symptoms

Links

- Fever (<http://www.mayoclinic.com/invoke.cfm?id=D500077>)

Evidence Summary

- Joint pain
- Weight loss
- Anemia
- Abdominal pain

Diagnosis

Rheumatoid arthritis	80
Irritable bowel syndrome	40
Crohn's disease	25
Ulcerative colitis	24

Case Information

LABEL: John Doe
AGE: Young Adult (20-35) | ©2008: Med

Alerts (6)

Center for Disease Control
World Health Organization

Automated Data Analysis Using Excel

Brian D. Bissett

Chapman & Hall/CRC



Predictibilidad en los Sistemas Simples versus los Sistemas Complejos

¿Qué queremos predecir? **C**

C ¿pocas o muchas variables?

$$P(C | X)$$

¿Algoritmo o
heurístico?

Ley o fenomenología

¿Qué lo afecta? **X**

X ¿pocas o muchas variables?

$P(\text{presión} | \text{volumen, temperatura, otras variables})$
para un gas perfecto no hay otras variables; $PV = RT$ - algoritmo

$P(\text{diabetes} | X(\text{sd})+X(\text{se})+X(\text{n})+X(\text{ev})+X(\text{g})+X(\text{af})+X(\text{hm})+X(\text{i})+X(\text{sp})+\dots)$

$$X = X(\text{sd})+X(\text{se})+X(\text{n})+X(\text{ev})+X(\text{g})+X(\text{af})+X(\text{hm})+X(\text{i})+X(\text{sp})+\dots$$

Factores
socio-demográficos
Edad, Género,...

Nutrición
Cuánto comes, que comes,...

Factores
genéticos
Rs7903146,...

Historia médica
Síndrome metabólico,...

Factores
de salud pública
IMSS, ISSTE,...

Factores
socio-económicos
Nivel escolar, ingresos,...

Estilo de vida
Fumas, tomas,...

Antecedentes
familiares
Padre diabético, ...

Factores
inmunológicos



Predictibilidad en los Sistemas Simples versus los Sistemas Complejos

En sistemas biológicos, económicos y sociales, i.e., los sistemas complejos adaptativos, organismos exhiben una alta diversidad de **ESTRATEGIAS** (reglas/modelos) cada estrategia llevando a la toma de **DECISIONES**

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 entonces 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!

Predictabilidad y la toma de Decisiones

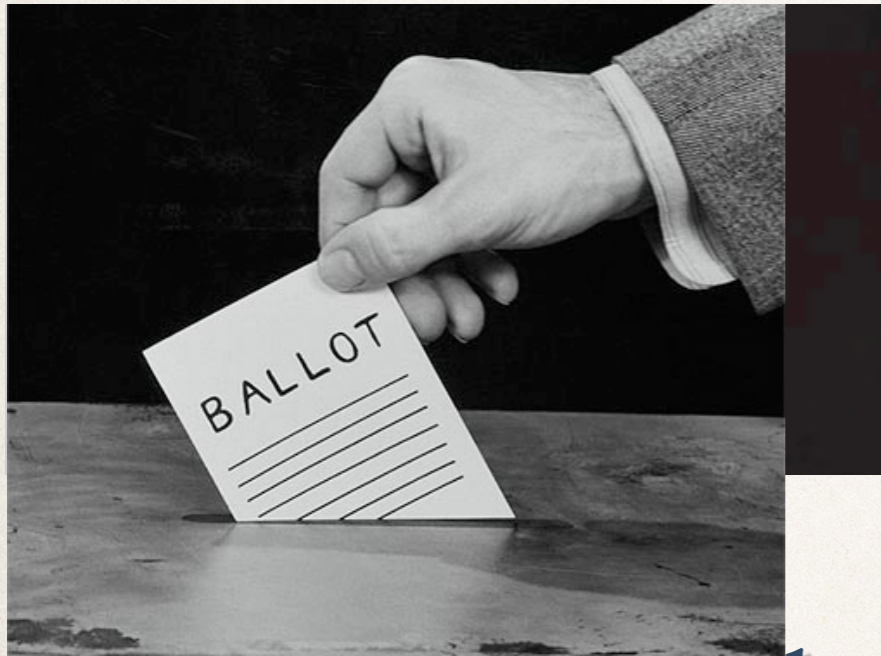


¿Qué es una decisión?

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

Predictabilidad y la toma de Decisiones

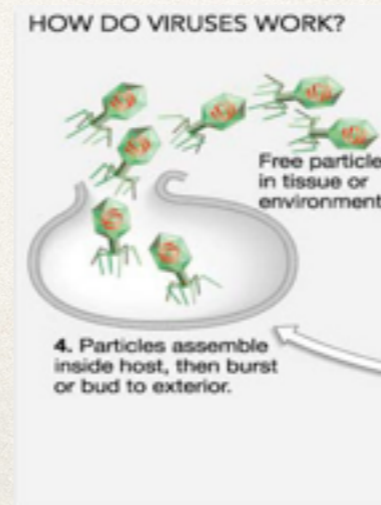


os sistemas vivos



tanto

dual





Hay buenas decisiones
y hay malas

Predictabilidad 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

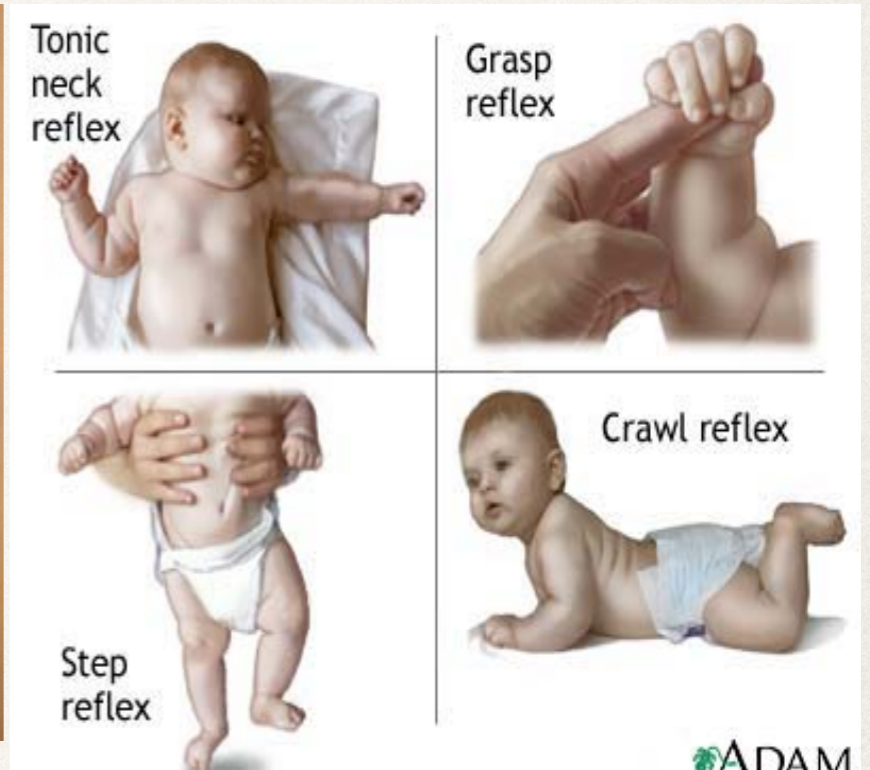
Un gato en un campo gravitacional

Un ser humano en un campo gravitacional

¿Porqué tomamos malas decisiones?



Algunas decisiones humanas





La Toma de Decisiones

¿Qué queremos predecir? **C**

C ¿pocas o muchas variables?

$$P(C | X)$$

¿Algoritmo o heurístico?

Ley o fenomenología

¿Qué afecta la decisión? **X**

$P(\text{presión} | \text{volumen, temperatura, otras variables})$
para un gas perfecto no hay otras variables; $PV = RT$ - algoritmo

X ¿pocas o muchas variables?

$P(\text{diabetes} | X(\text{sd})+X(\text{se})+X(\text{n})+X(\text{ev})+X(\text{g})+X(\text{af})+X(\text{hm})+X(\text{i})+X(\text{sp})+\dots)$

$$X = X(\text{sd})+X(\text{se})+X(\text{n})+X(\text{ev})+X(\text{g})+X(\text{af})+X(\text{hm})+X(\text{i})+X(\text{sp})+\dots$$

Factores socio-demográficos
Edad, Género,...

Nutrición
Cuánto comes, que comes,...

Factores genéticos
Rs7903146,...

Historia médica
Síndrome metabólico,...

Factores de salud pública
IMSS, ISSTE,...

Factores socio-económicos
Nivel escolar, ingresos,...

Estilo de vida
Fumas, tomas,...

Antecedentes familiares
Padre diabético, ...

Factores inmunológicos

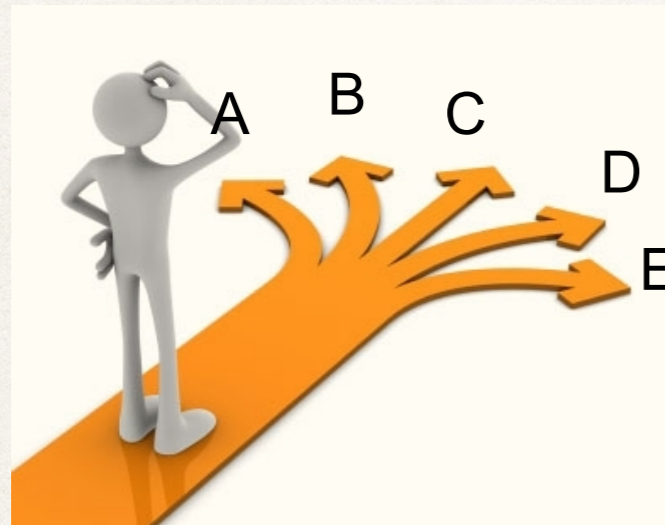


La Teoría Racional de Decisiones

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 $P(i) > P(k)$

¿Se aplica únicamente a los seres humanos?

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

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



Decisiones en Grupo

- ¿Quién toma decisiones?
 - Individuos, familias, empresas, gobiernos, muchas otras unidades organizacionales

	<i>P</i>	<i>if P then Q</i>	<i>Q</i>	
Individual 1	true	true	true	Si votamos por mayoría entonces la sociedad no es lógico/racional
Individual 2	false	true	false	
Individual 3	true	false	false	
Society	true	true	false	



We have neither an agreed conceptual
framework, nor an adequate
But we are getting data...
Of a great revolution!
Complex Adaptive Systems

La paradoja de la Complejidad



We experience and manage complexity every day,...

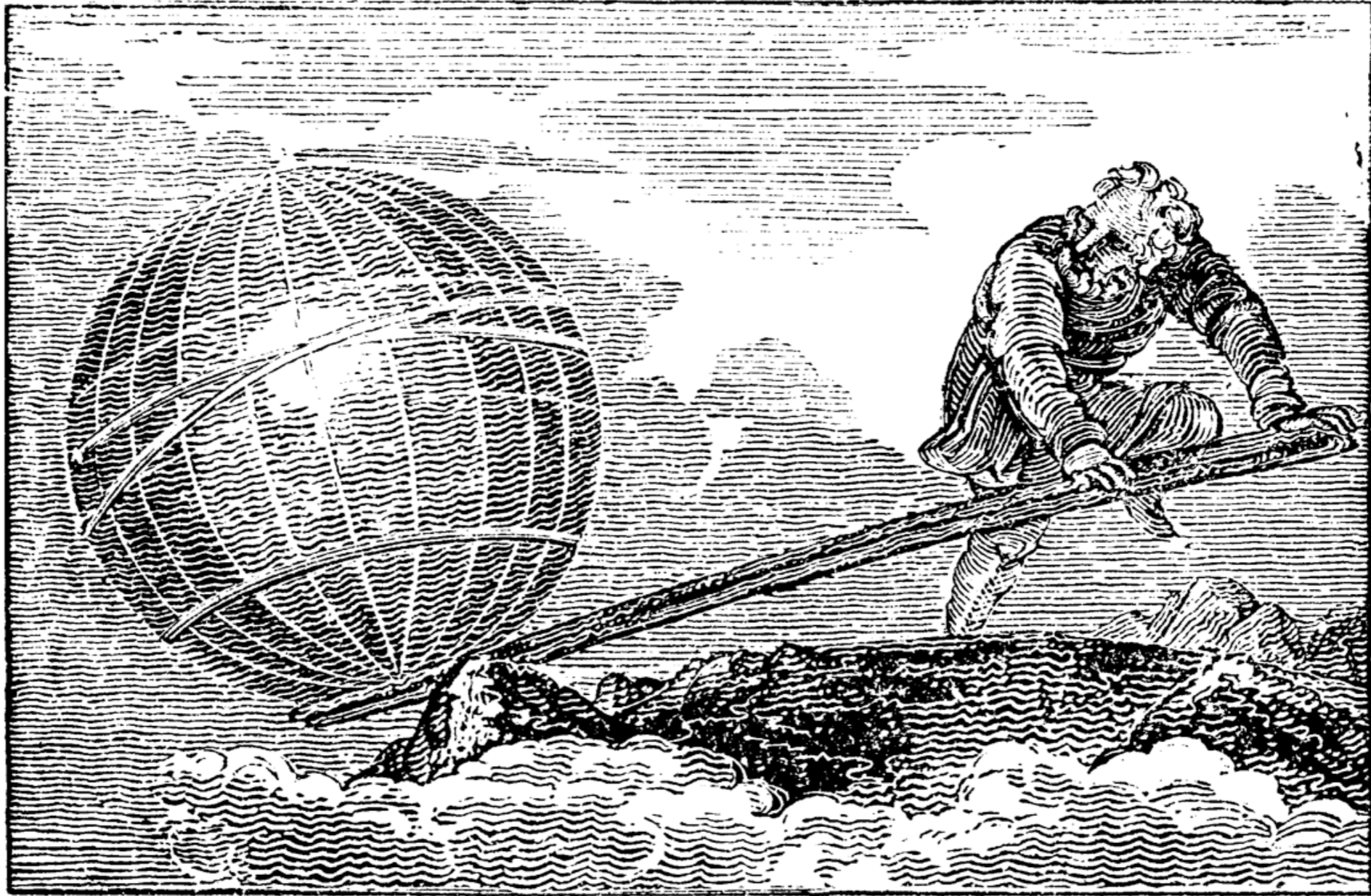
unconsciously

**“Consciously”, we look always to single,
simple causes...**

**capitalism, communism, rich, poor, PRI, PRD,
junk food, soft drinks, colonialism,...**

¿Porqué?

How do we all contribute to making this complex adaptive world of ours a better place to live?
Evolution has created a world of organisms that are not only slaves to the laws of physics but also to the laws of chemistry and biology. Natural selection also enslaves organisms to the laws of physics and chemistry. The world of organisms is a complex adaptive system that is not only slaves to the laws of physics but also to the laws of chemistry and biology. The world of organisms is a complex adaptive system that is not only slaves to the laws of physics but also to the laws of chemistry and biology.



δῶς μοι πᾶ στῶ καὶ τὰν γᾶν κινάσω

Give me a place to stand on and I'll move the earth

Give me enough data and I'll predict anything

Conclusiones

El C3



- ❖ El C3 es un “nuevo” centro de la UNAM para realizar investigación científica transdisciplinaria de frontera en las ciencias de la complejidad.
- ❖ El C3 es un espacio donde “expertos” (investigadores, estudiantes, profesores, médicos, servidores públicos, empresarios,...) de muy diversas áreas pueden interactuar y contribuir a la solución de problemas trascendentes y de importancia nacional.
- ❖ El C3 es una iniciativa institucional, abierta y incluyente para aprovechar el capital humano de la UNAM y de México

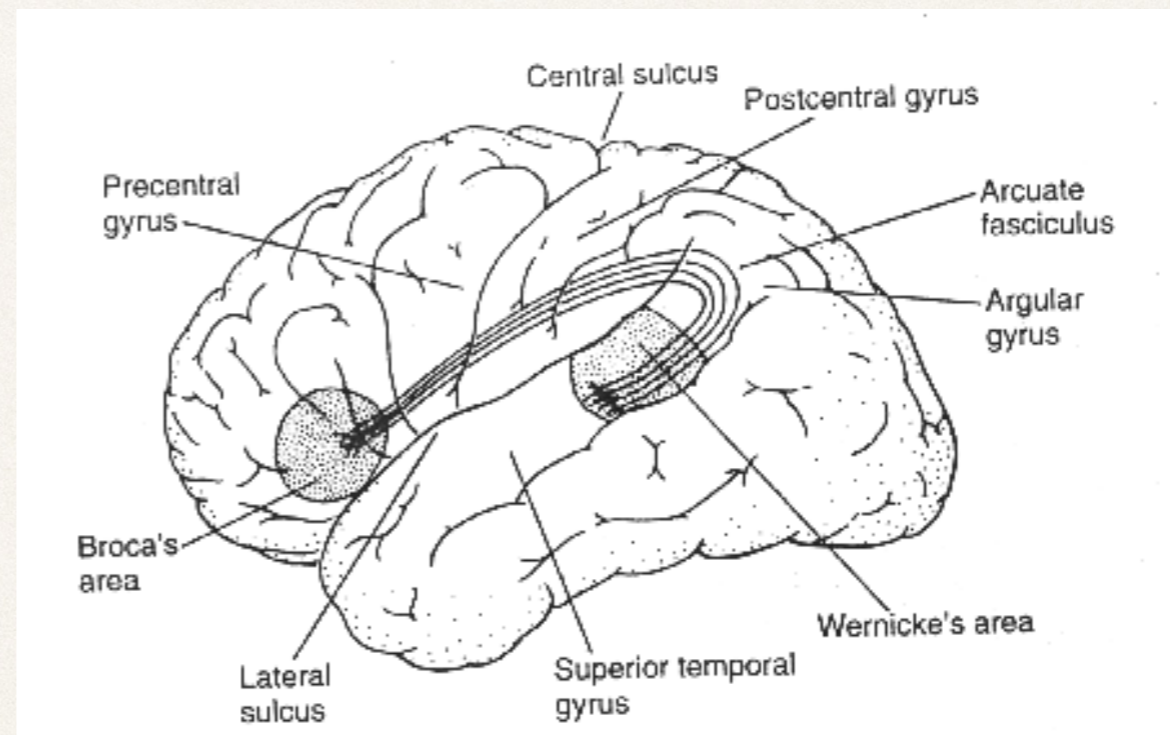
¡Están invitados!

c3.fisica.unam.mx



¿Se puede medir la Complejidad?

To be or not to be that is the question.



Este aparato seguramente es capaz de medir complejidad. ¿O quizás no...?



¿Cómo tan bueno es tu aparato?

- To be or not to be that is the question.
- Para ser o no ser que es la pregunta.
- Om te zijn of te zijn niet dat de vraag is.

あるためまたはないため質問である

- Because of a certain or because it is not, it is question.
- Because or it is not for the sake of, that having asked and being convinced.
- Being not to be for the sake of, or that that, you ask, are convinced.
- It is that without having for the sake of, or, you ask, are convinced.



malo

malo

bueno



Pero... ¿Eso es diferente al mundo físico?

