

Ser Simple es Complicado

Modelos matemáticos del cerebro

Juanjo Rué, Ágata Timón, Carlos Vinuesa y Ana Zumalacárregui

SEPTIEMBRE
2012
10-24h **28**
La noche
de los investigadores
madri@d



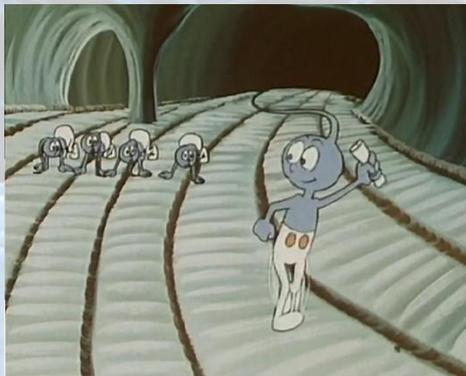
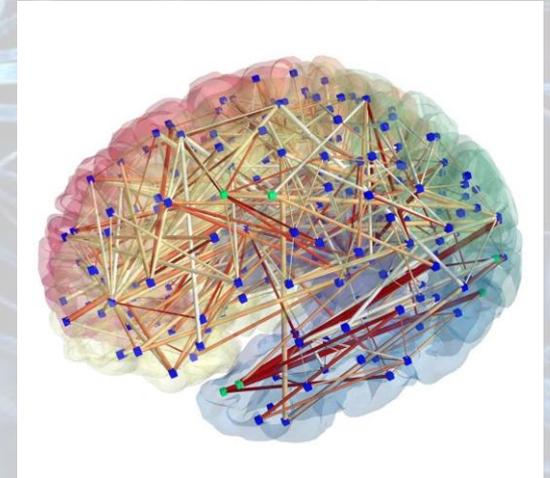
Buscar lo simple en lo complicado

OBJETIVO: entender cómo funciona el cerebro.

- los componentes → **neuronas**
- la interacción → **sinapsis**

PRIMER INTENTO:

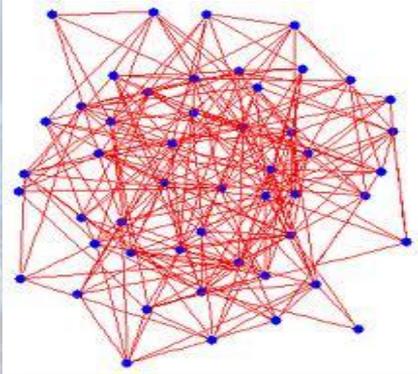
neurona =  = neurona
sinapsis



DIFICULTADES:

Un cerebro humano tiene 100.000.000.000 neuronas... ¡y corren mucho!

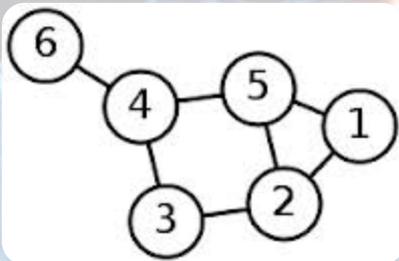
Objetos abstractos: los grafos



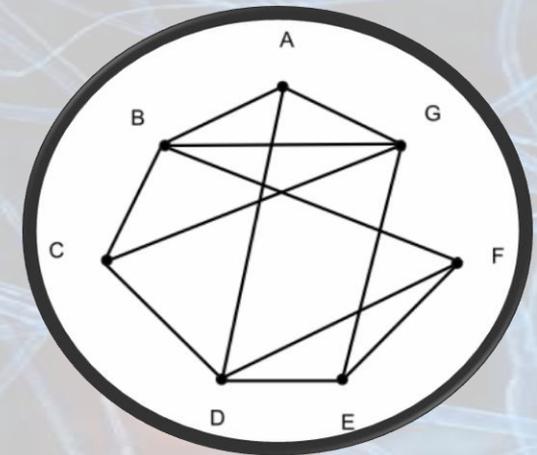
Algunas definiciones:

- **Vértice:** ● los objetos que estudiamos (neuronas).
- **Arista:** — la unión entre objetos que interactúan.

La **distancia** entre dos vértices es la longitud del menor camino (de aristas) que los une.



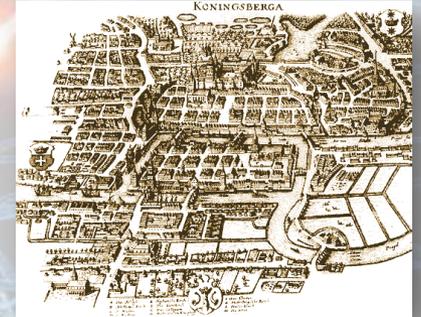
¿cuál es la distancia entre 6 y 2?



¿y entre A y F?

Un problema con historia

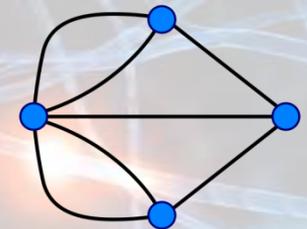
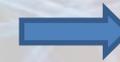
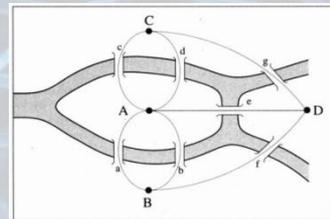
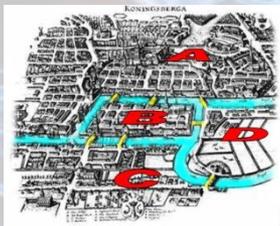
El río Pregolva dividía la ciudad de **Königsberg** en cuatro regiones distintas, unidas a través de siete puentes,



¿puedes dar un paseo pasando por todos los puentes, recorriendo sólo una vez cada uno, y regresando al mismo punto de partida?



Leonard Euler demostró en 1736 que la respuesta es NO.



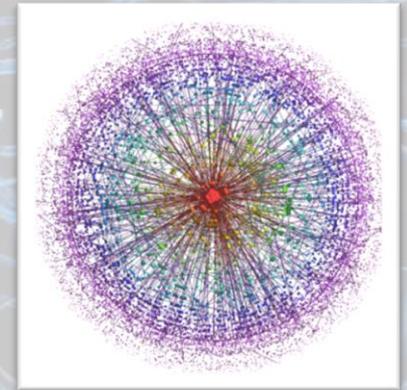
iy por el camino inventó los grafos!

Los grafos en lo cotidiano

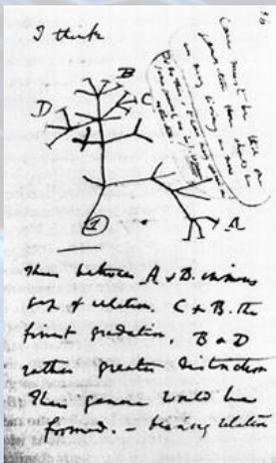
Todos nosotros estamos familiarizados con los grafos...



... los vemos en el metro...



... cuando miramos los destinos de Iberia...



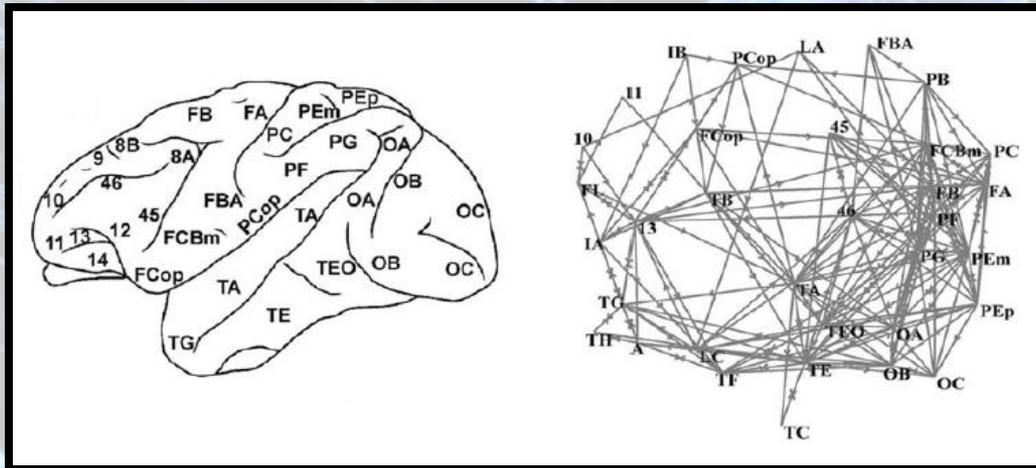
¡hasta cuando estudiamos las notas de Darwin!

¿se te ocurre alguno más?

¿Qué es un modelo?

Si el intelecto fuera lo suficientemente vasto como para someter los datos a análisis, podría condensar en una simple fórmula el movimiento de los grandes cuerpos del universo y del átomo más ligero.

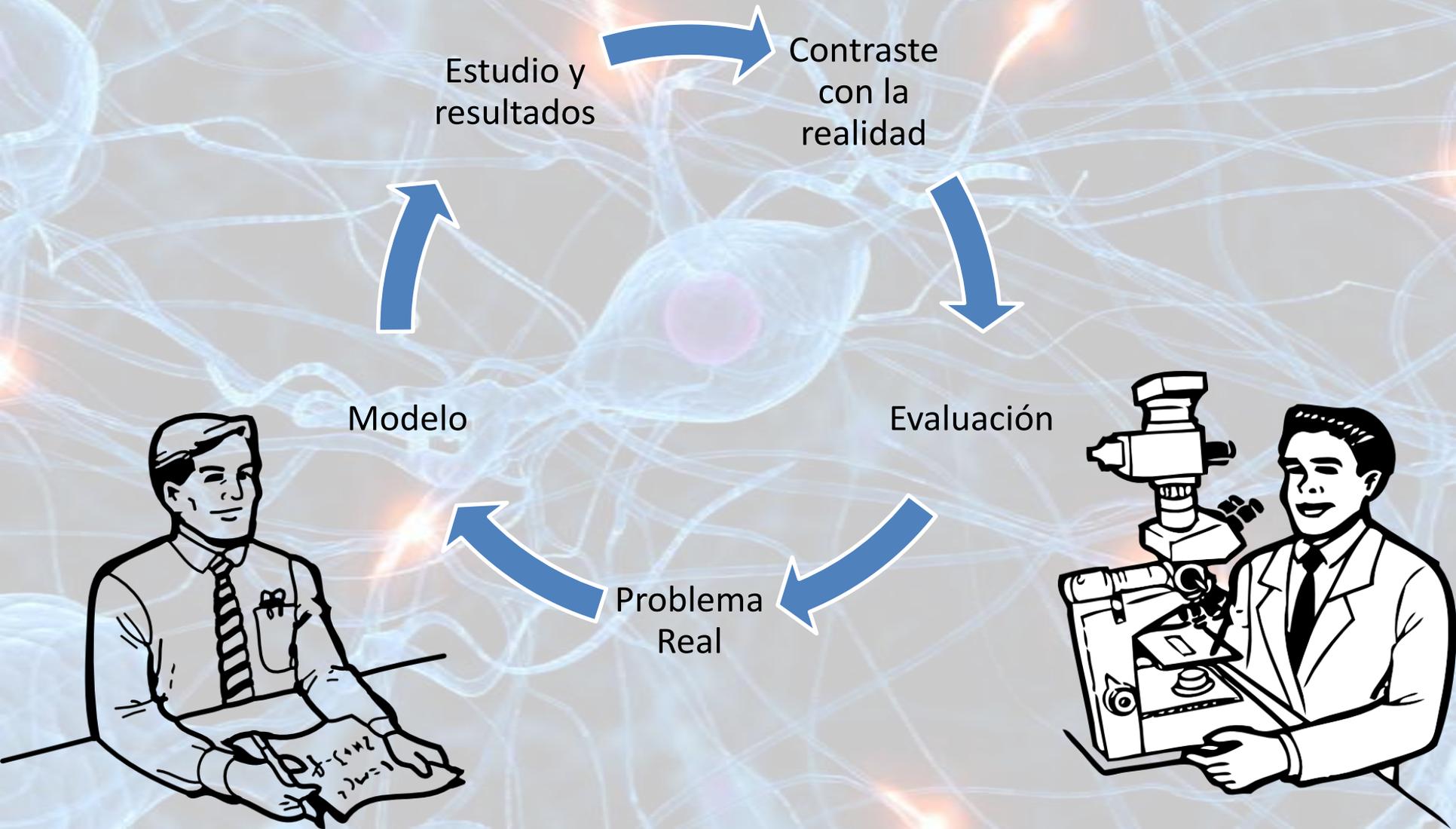
Laplace



Aunque no todo se puede modelar 😞

$\sqrt{\heartsuit} = ?$ $\cos \heartsuit = ?$
 $\frac{d}{dx} \heartsuit = ?$ $\begin{bmatrix} 0 & 9 \end{bmatrix} \heartsuit = ?$
 $F\{\heartsuit\} = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{\infty} f(t) e^{it\heartsuit} dt = ?$
My normal approach is useless here.

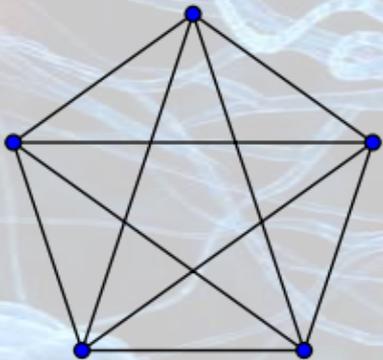
¿...y cómo se propone un modelo?



De camino hacia el modelo

Watts y Strogatz mostraron que cualquier grafo se podía clasificar en función de dos parámetros:

- 1) **Coefficiente de *agrupamiento***: mide cómo de interconectados están los vértices del grafo.
- 2) **El *diámetro* del grafo**: es el máximo entre las distancias entre vértices.



coeficiente de agrupamiento **alto**

diámetro **pequeño** ($d=1$)

coeficiente de agrupamiento **bajo**

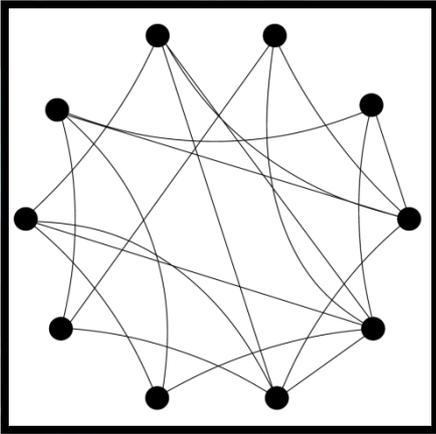
diámetro **grande** ($d=4$)

Árbol



A partir de ahora pensaremos en los vértices como puntos en un círculo.

Los grafos aleatorios



Tomamos vértices en un círculo, y escogemos aristas al azar tirando una Moneda → Hablar con Carlos

Si hacemos esto muchas veces...

¿qué características tendrá el **grafo típico**?

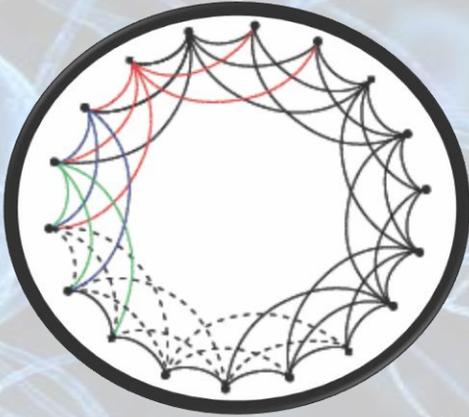
1) Vecinos mal conectados:

coeficiente de agrupamiento bajo.

2) Es fácil viajar lejos:

distancia media pequeña.

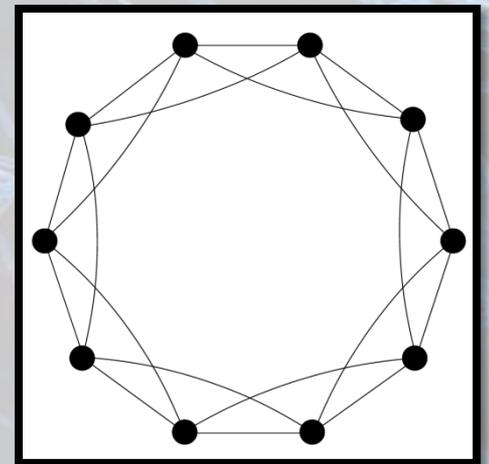
Grafos regulares



Situamos los vértices en un círculo y unimos cada uno con sus vecinos más próximos.

¿Qué características van a tener estos grafos?

- 1) Muy conectado (sólo) con sus vecinos:
coeficiente de agrupamiento alto.
- 2) Distancia larga entre vértices lejanos:
distancia media grande.



Grafos pequeño mundo

A medio camino entre un grafo aleatorio y uno regular.

Características:

- 1) La mayoría de los nodos no son adyacentes entre sí.
- 2) La distancia entre nodos es pequeña.

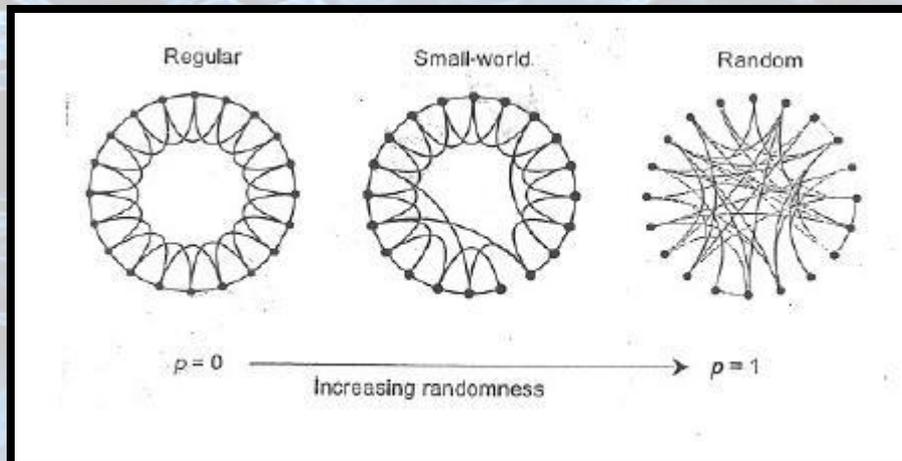


Imagen original del artículo de Watts y Strogatz (1998)

6 grados de separación



En los años 60 el psicólogo **Stanley Milgram** realizó un experimento que evidenció el famoso dicho:

“¡Qué pequeño es el mundo!” .

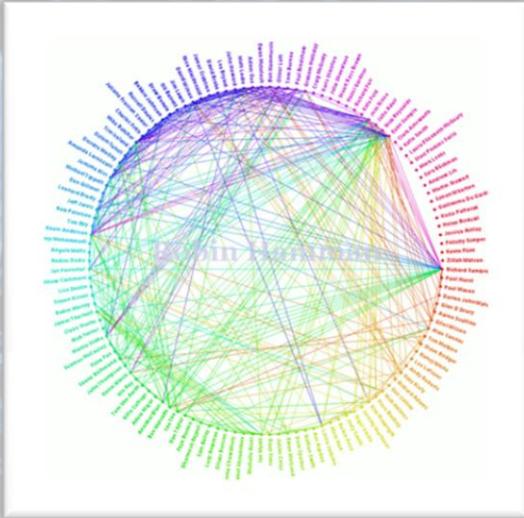


El oráculo...



...de Bacon.

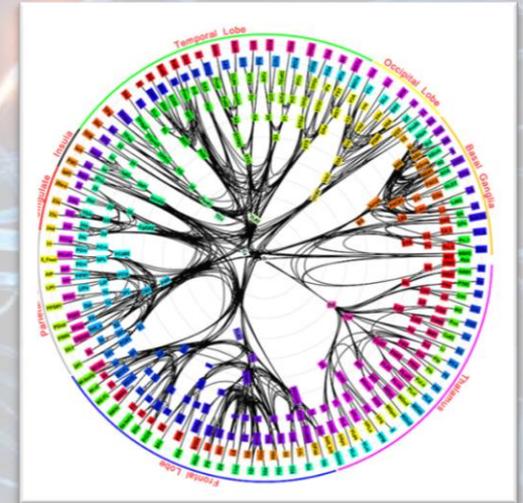
Redes Sociales



Red de facebook



Conexiones neuronales



Babel



Vincent Vega



Forrest Gump

Ser Simple es Complicado

Modelos matemáticos del cerebro

Juanjo Rué, Ágata Timón, Carlos Vinuesa y Ana Zumalacárregui

SEPTIEMBRE
2012
18-24H **28**
La noche
de Los **investigadores**
madried

