

PARTIMOS EN  
BREVE

MUCHAS  
GRACIAS

---



# Network Science

dataScience UDD



**Cristian Candia-Castro Vallejos, Ph.D.**

[cristiancandia@udd.cl](mailto:cristiancandia@udd.cl)

Director Magister en Data Science UDD

Profesor Investigador, Facultad de Ingeniería, UDD

External Faculty Northwestern Institute on Complex Systems, Kellogg  
School of Management, Northwestern University

# El futuro del trabajo

- 4 “escuelas de pensamiento”

- **Optimista:** Todos seremos aumentados e incluso más productivos en nuestros trabajos.
- **Moderados:** otra disrupción tecnológica. Primero habrá destrucción de empleo y, finalmente, creación neta de empleo (Schumpeter).
- **Pesimistas:** Todos los puestos de trabajo serán destruidos, dando lugar a dos clases humanas: la minoría dominante y la mayoría irrelevante (Harari).
- **Transformistas radicales:** Todos los trabajos serán destruidos progresivamente y está bien. Se introducirá un nuevo modelo (por ejemplo, Renta Básica Universal).

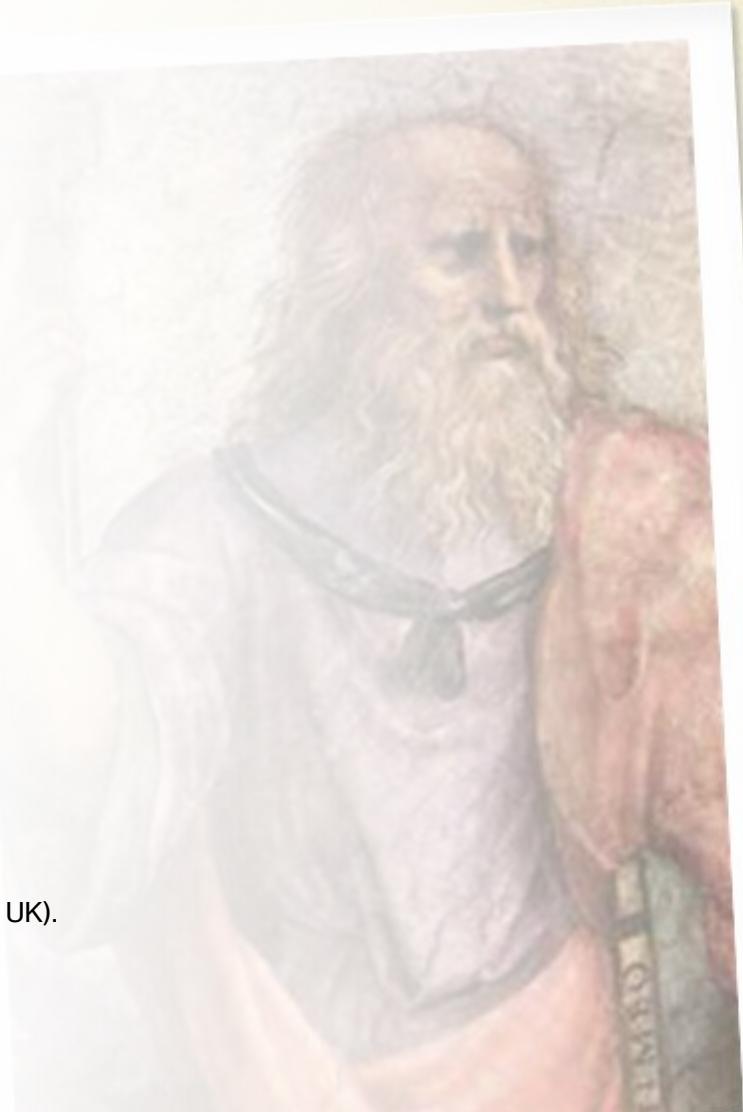


# Plato's Objections to Writing

Socrates: “[writing] will introduce forgetfulness into the soul of those who learn it: they will not practice using their memory because they will put their trust in writing, which is external and depends on signs that belong to others, instead of trying to remember from the inside, completely on their own.”—  
Phaedrus 275a

- En la antigua Grecia (ca. 370 aC), en el Fedro de Platón se describió cómo la escritura desplazaría la memoria humana y la lectura sustituiría el conocimiento verdadero por meros datos.

Yunis H (2011) Plato: Phaedrus (Cambridge Univ Press, Cambridge, UK).



- Los historiadores señalan la Revolución Industrial y los disturbios de los luditas del siglo XIX como ejemplos en los que el avance tecnológico condujo al malestar social.

Jones SE (2013) Against Technology: From the Luddites to Neo-Luddism (Routledge, Abingdon, UK)



CHARTISTS' RIOTS.



- 
- “El trabajo será cada vez menos importante...  
Más trabajadores serán reemplazados por  
máquinas... No veo que las nuevas industrias  
pueden emplear a todos los que quieran un  
trabajo ”.

Wassily Leontief 1952--ganador del Premio Nobel de Economía en 1973.



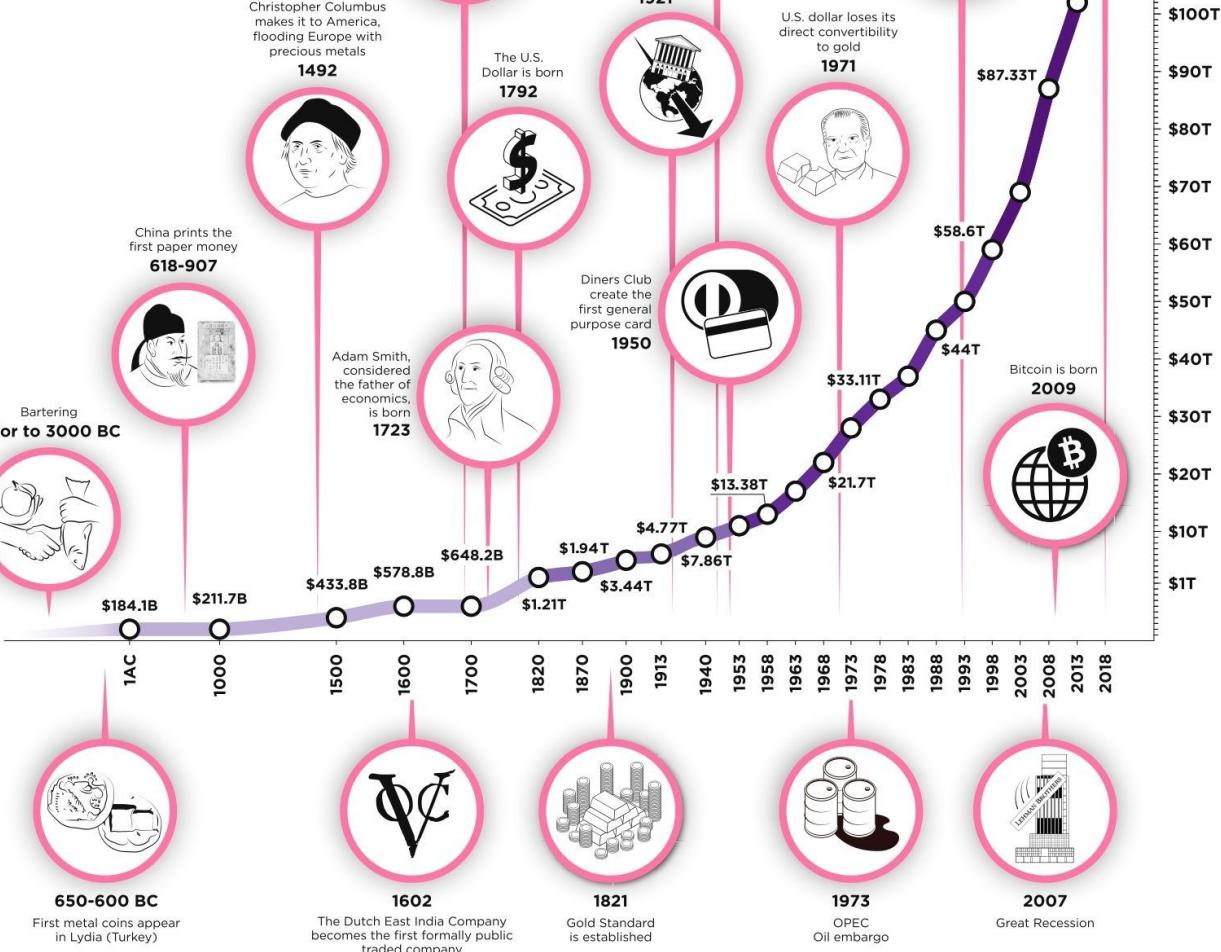
# A Timeline of the World's Economic History

World's GDP by Year and Major Economic Events

## WORLD'S GDP (\$)

> \$100T
\$50T - \$100T
\$10T - \$50T
\$1T - \$10T
< \$1T

(in trillions of dollars)



- Sin embargo...

## Accelerating Growth in Technology

(condensed)



Printing Press



Telescope



Steam Engine



Light Bulb



Telephone



Car



All



Flying Car



First 3D Chip



3D Movies



Google Driverless Car



Pad



Facebook



YouTube



Hybrid Cars



DVDs



Cell Phones



WWW



Windows



Apple Macintosh



MS-DOS



Wordprocessor



Microprocessor



Man on Moon



AI



# Dada esta historia de preocupación...

- ¿Qué hace que el trabajo humano sea resistente a la automatización?
- ¿Es la IA una preocupación fundamentalmente nueva comparada con las tecnologías del pasado?

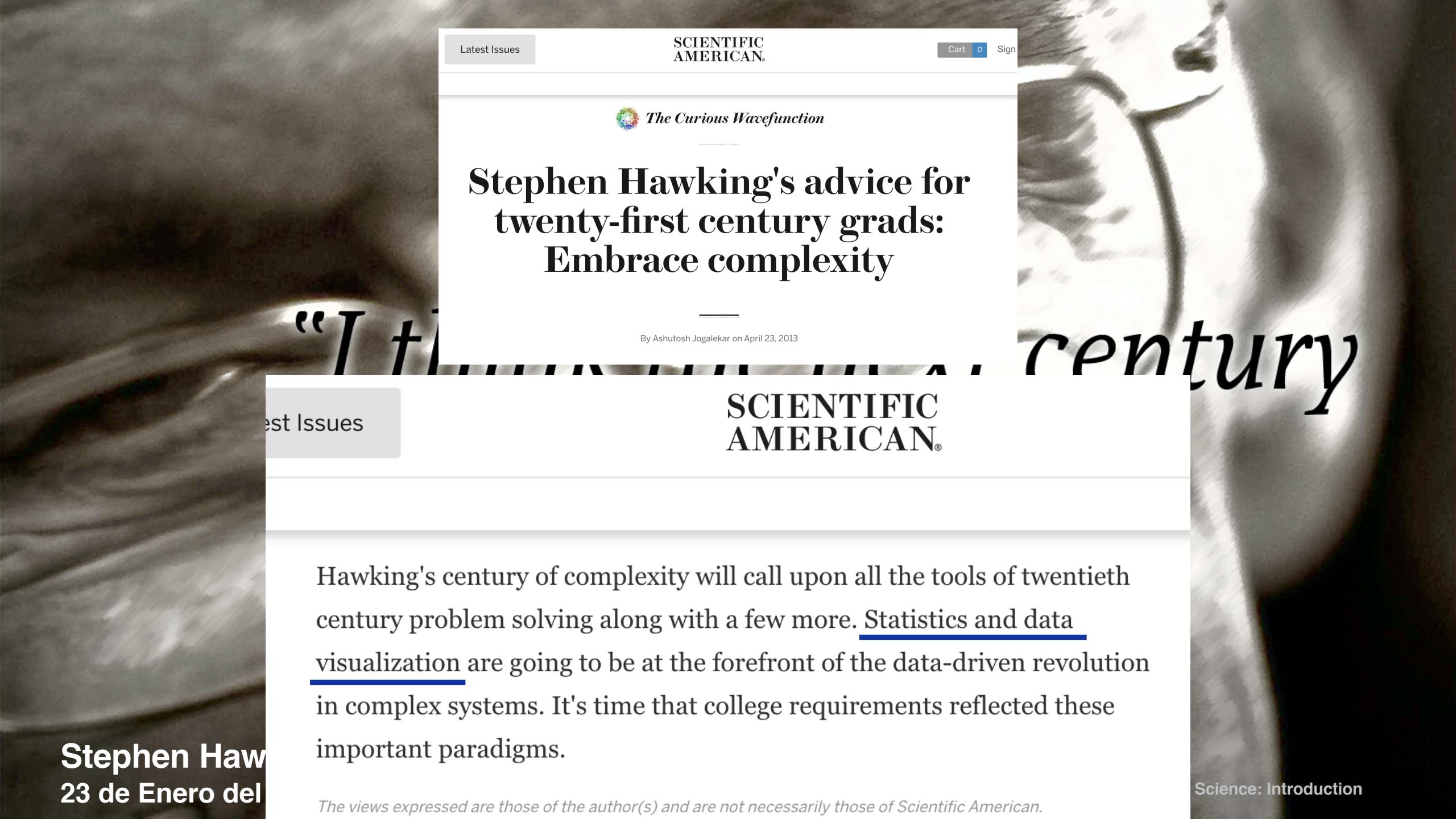
- 
- 
- Administrar un futuro (presente) donde la fuerza de trabajo tendrá una componente autónoma importante.



*“I think the next century  
will be the century  
of complexity.”*

**Stephen Hawking**  
23 de Enero del 2000

Network Science: Introduction



Latest Issues

SCIENTIFIC  
AMERICAN.

Cart 0 Sign



## Stephen Hawking's advice for twenty-first century grads: Embrace complexity

By Ashutosh Jogalekar on April 23, 2013

est Issues

SCIENTIFIC  
AMERICAN®

Stephen Haw  
23 de Enero del

Hawking's century of complexity will call upon all the tools of twentieth century problem solving along with a few more. Statistics and data visualization are going to be at the forefront of the data-driven revolution in complex systems. It's time that college requirements reflected these important paradigms.

*The views expressed are those of the author(s) and are not necessarily those of Scientific American.*

Science: Introduction

# "for groundbreaking contributions to our understanding of complex systems"

This year's Nobel Prize in Physics is awarded with one half jointly to [Syukuro Manabe](#), [Klaus Hasselmann](#) and the other half to [Giorgio Parisi](#). They have laid the foundation of our knowledge of the Earth's climate and how humanity influences it, as well as revolutionized the theory of disordered materials and random processes.

## The 2021 Nobel Prize laureates in Physics

This year's Nobel Prize in Physics is awarded with one half jointly to [Syukuro Manabe](#), [Klaus Hasselmann](#) "for the physical modelling of Earth's climate, quantifying variability and reliably predicting global warming" and the other half to [Giorgio Parisi](#) "for the discovery of the interplay of disorder and fluctuations in physical systems from atomic to planetary scales".



III. Niklas Elmehed © Nobel Prize Outreach.

# Natural experiments help answer important questions for society

This year's Laureates – David Card, Joshua Angrist and Guido Imbens – have provided us with new insights about the labour market and shown what conclusions about cause and effect can be drawn from natural experiments. Their approach has spread to other fields and revolutionised empirical research.

## Economic sciences laureates 2021

The Royal Swedish Academy of Sciences has decided to award the Sveriges Riksbank Prize in Economic Sciences in Memory of Alfred Nobel 2021 with one half to [David Card](#) “for his empirical contributions to labour economics” and the other half jointly to [Joshua Angrist](#) and [Guido Imbens](#) “for their methodological contributions to the analysis of causal relationships”

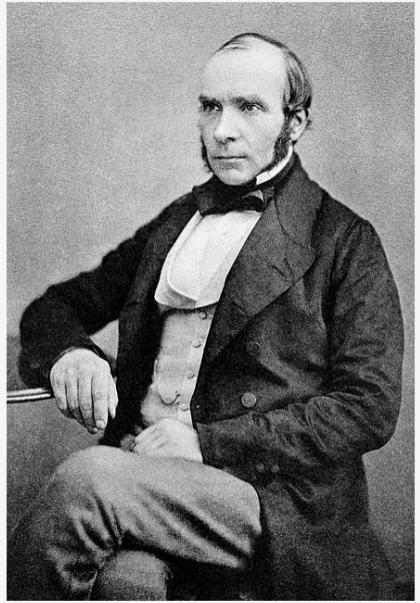


III. Niklas Elmehed © Nobel Prize Outreach.

# Remaking Snow's 1855 Map

## Cholera Mortality per 1,000 persons

John Snow



### Información personal

Nacimiento 15 de marzo de 1813  
York, Yorkshire, Inglaterra,  
Reino Unido

Fallecimiento 16 de junio de 1858 (45 años)  
Londres, Inglaterra, Reino  
Unido

Causa de muerte Accidente cerebrovascular

Sepultura cementerio de Brompton

Nacionalidad Británica

### Educación

Educado en Universidad de Londres

### Información profesional

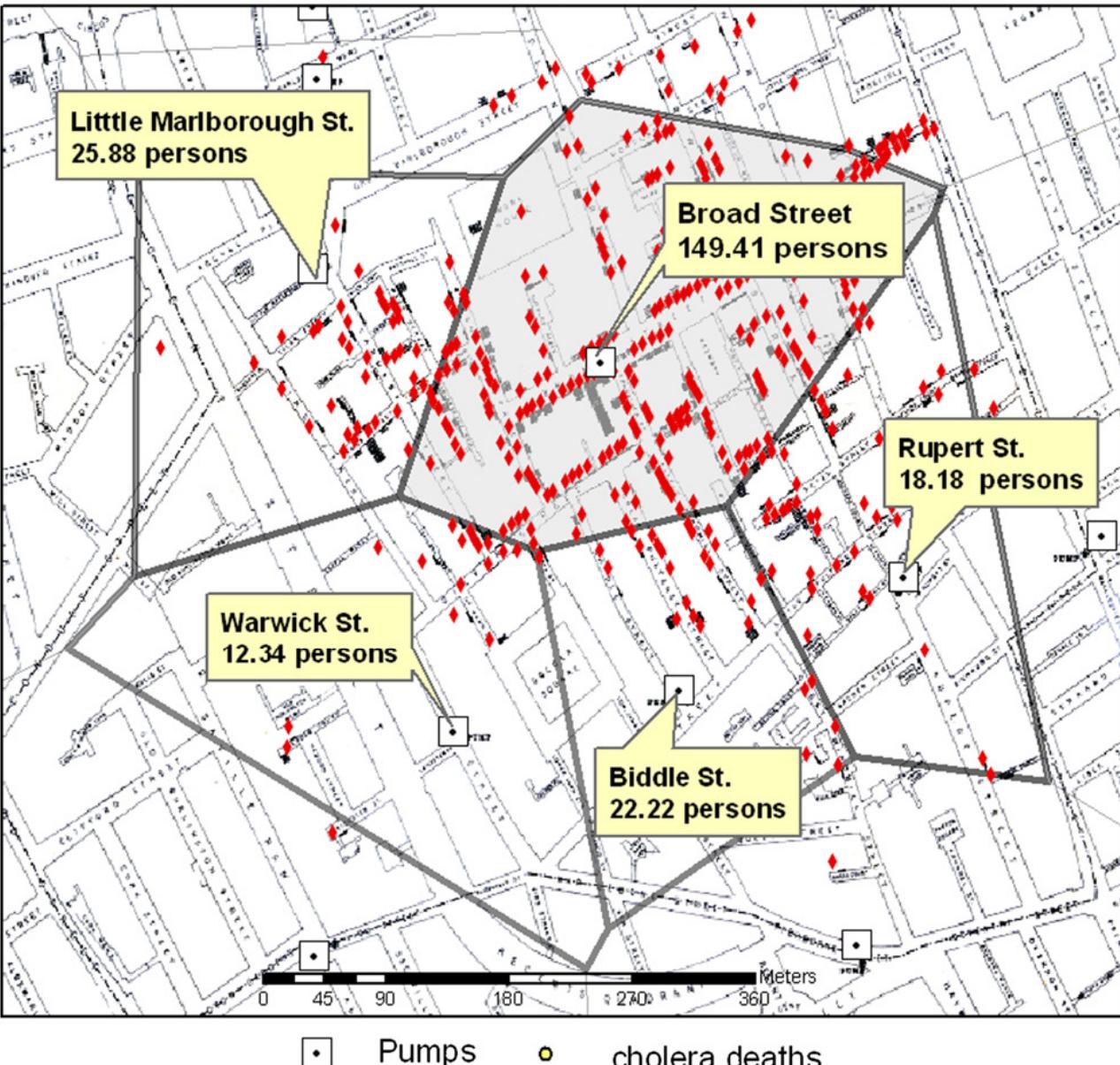
Área Medicina (epidemiología)

Conocido por Precursor de la epidemiología

Firma

A handwritten signature in cursive ink that reads "John Snow".

[editar datos en Wikidata]



Cholera Mortality per 1,000 persons for central pump catchments.

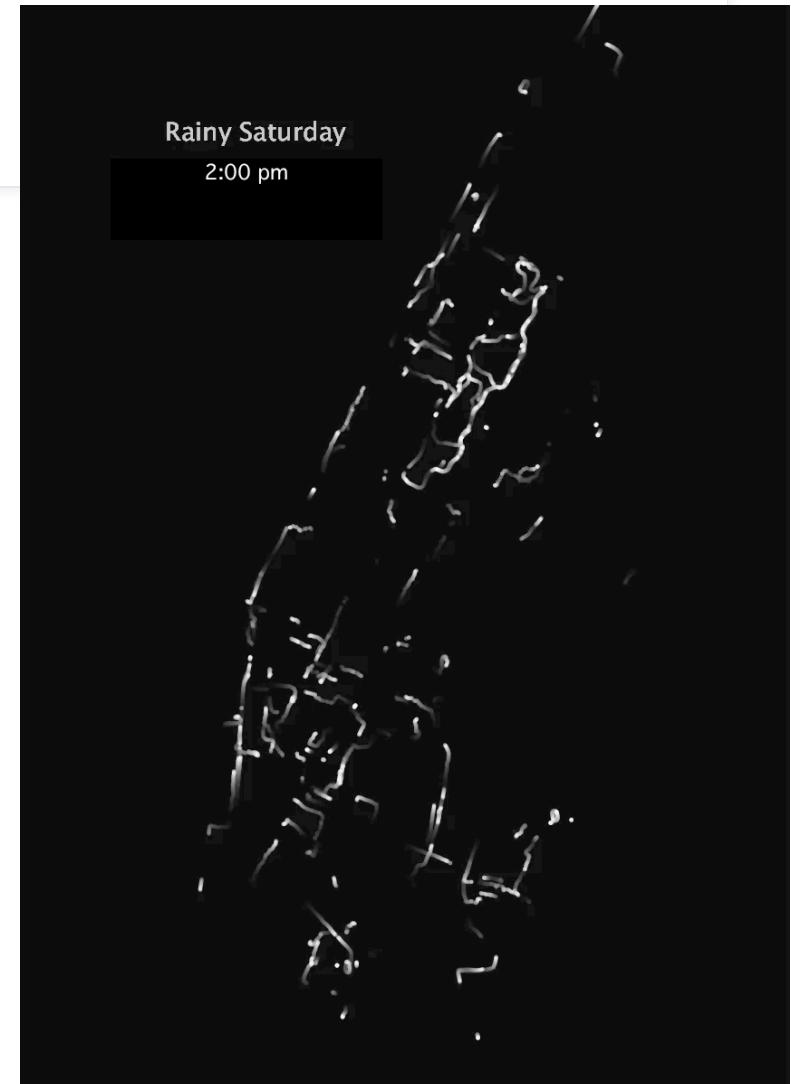
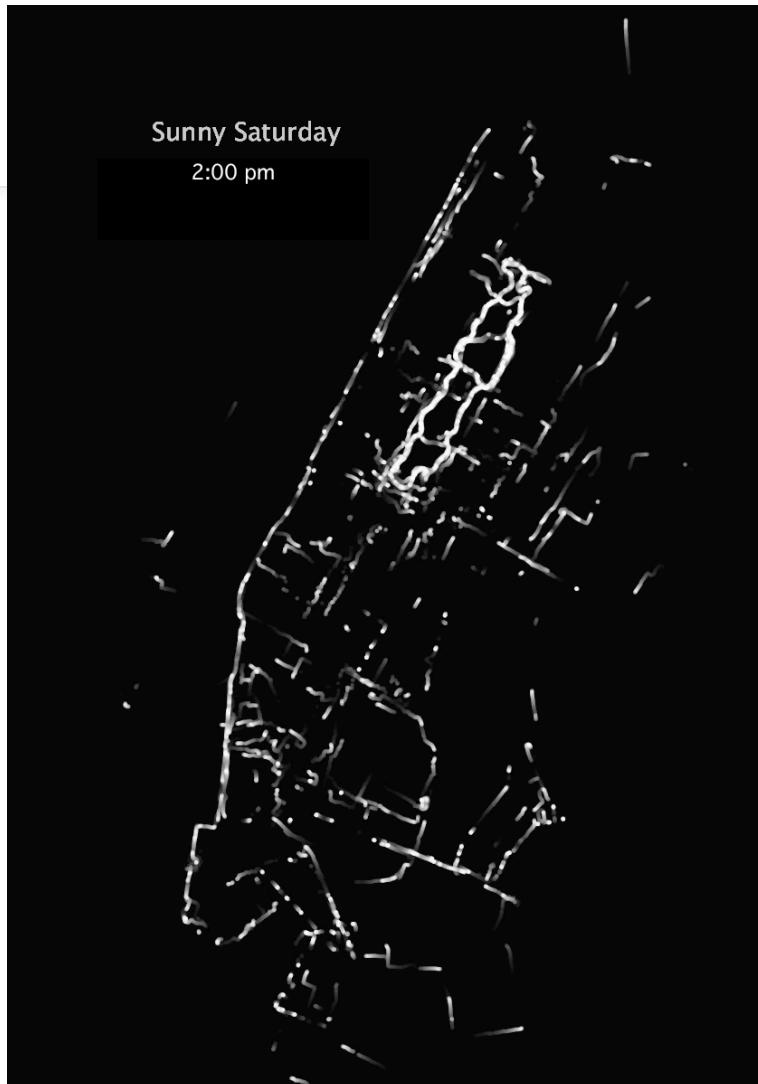
Open Access | Published: 18 April 2017

## Exercise contagion in a global social network

Sinan Aral  & Christos Nicolaides*Nature Communications* 8, Article number: 14753 (2017) | [Cite this article](#)148k Accesses | 115 Citations | 1329 Altmetric | [Metrics](#)

### Abstract

We leveraged exogenous variation in weather patterns across geographies to identify social contagion in exercise behaviours across a global social network. We estimated these contagion effects by combining daily global weather data, which creates exogenous variation in running among friends, with data on the network ties and daily exercise patterns of ~1.1M individuals who ran over 350M km in a global social network over 5 years. Here we show that exercise is socially contagious and that its contagiousness varies with the relative activity of and gender relationships between friends. Less active runners influence more active runners, but not the reverse. Both men and women influence men, while only women influence other women. While the Embeddedness and Structural Diversity theories of social contagion explain the influence effects we observe, the Complex Contagion theory does not. These results suggest interventions that account for social contagion will spread behaviour change more effectively.



# SISTEMAS COMPLEJOS

enclave  
RAE

## complejo, ja

Del lat. *complexus*, part. pas. de *complecti* 'enlazar'.

1. adj. Que se compone de elementos diversos.
2. adj. complicado (ll enmarañado, difícil).
3. m. Conjunto o unión de dos o más cosas que constituyen una unidad. *Complejo vitamínico*.
4. m. Conjunto de establecimientos industriales generalmente próximos unos a otros.
5. m. Conjunto de edificios o instalaciones agrupados para una actividad común.

Fuente: <http://dle.rae.es>

Complejidad, una **teoría científica** que afirma que algunos sistemas muestran fenómenos de comportamiento que son completamente inexplicables por cualquier análisis convencional de las partes constituyentes de los sistemas. Estos fenómenos, comúnmente conocidos como comportamiento emergente, parecen ocurrir en muchos sistemas complejos que involucran tanto organismos vivos, como un mercado de valores o el cerebro humano.

Fuente: [John L. Casti, Encyclopædia Britannica](#)

# Complexity

# Complex system

---

From Wikipedia, the free encyclopedia

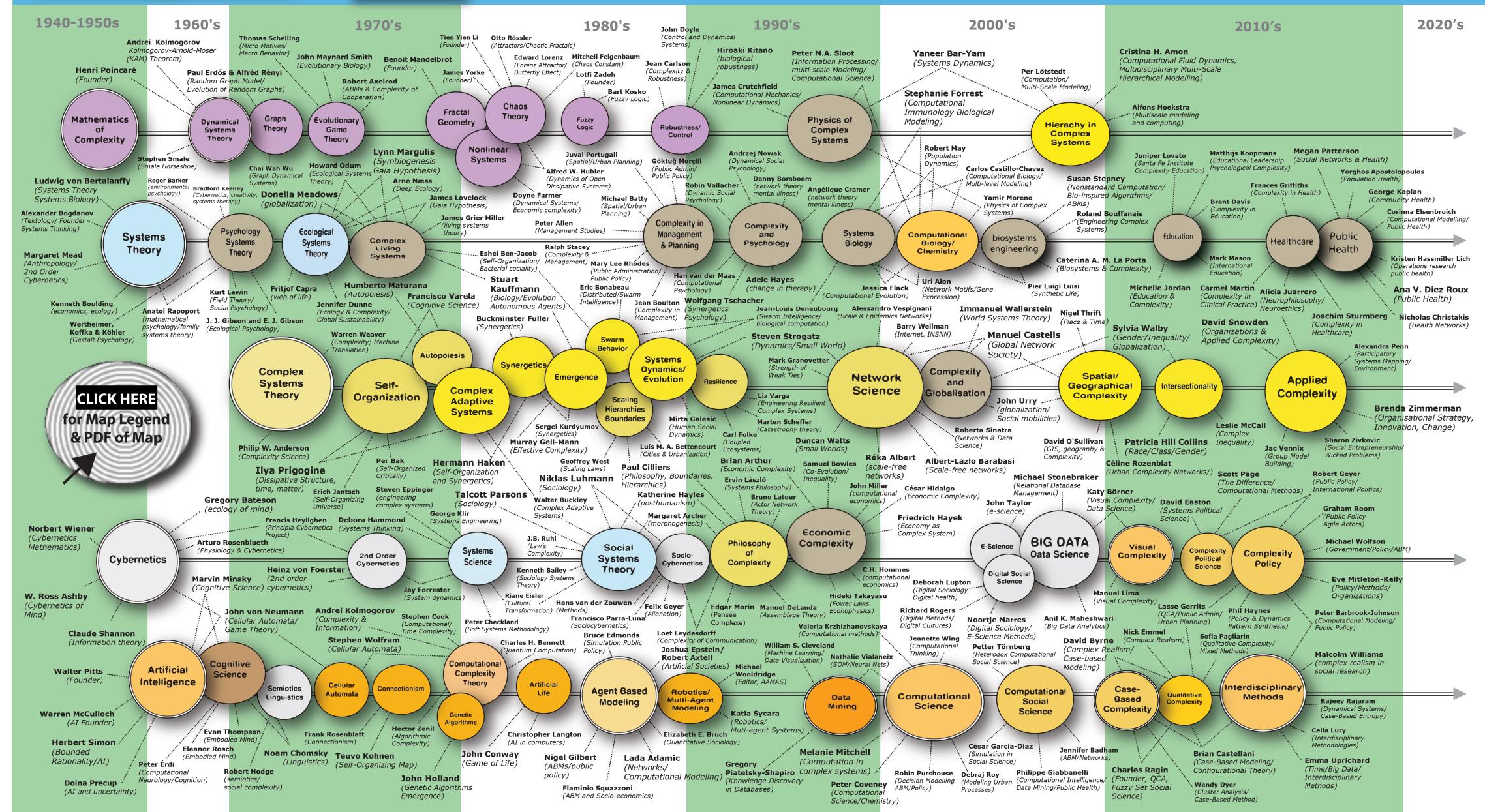
"Complex systems" redirects here. For the journal, see [Complex Systems \(journal\)](#).

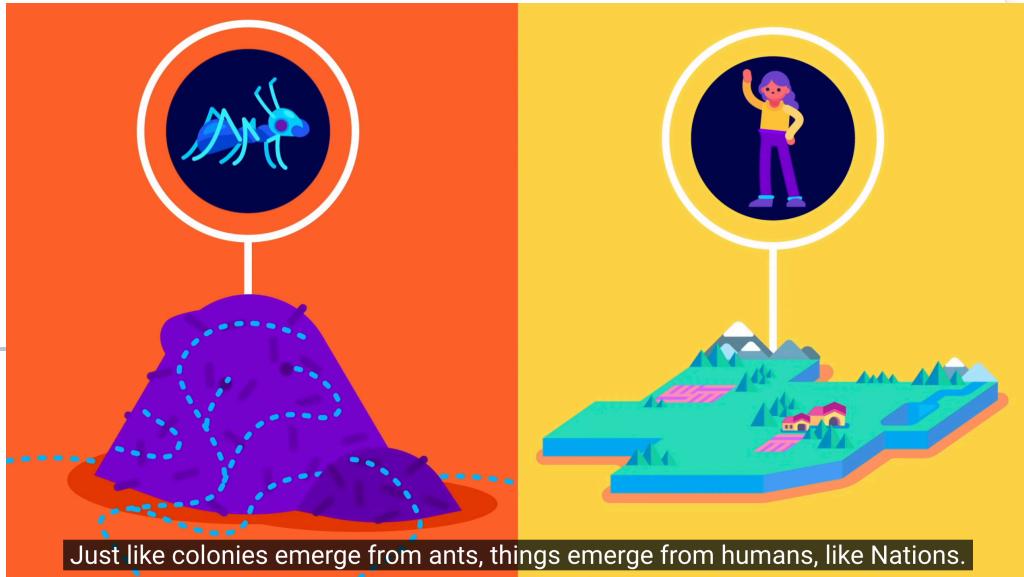
A **complex system** is a [system](#) composed of many components which may [interact](#) with each other. Examples of complex systems are Earth's global [climate](#), [organisms](#), the [human brain](#), infrastructure such as power grid, transportation or communication systems, social and economic organizations (like [cities](#)), an [ecosystem](#), a living [cell](#), and ultimately the entire [universe](#).

Complex systems are [systems](#) whose behavior is intrinsically difficult to model due to the dependencies, competitions, relationships, or other types of interactions between their parts or between a given system and its environment. Systems that are "complex" have distinct properties that arise from these relationships, such as [nonlinearity](#), [emergence](#), [spontaneous order](#), [adaptation](#), and [feedback loops](#), among others. Because such systems appear in a wide variety of fields, the commonalities among them have become the topic of their independent area of research. In many cases, it is useful to represent such a system as a network where the nodes represent the components and links to their interactions.

The term *complex systems* often refers to the study of complex systems, which is an approach to science that investigates how relationships between a system's parts give rise to its collective behaviors and how the system interacts and forms relationships with its environment.<sup>[1]</sup> The study of complex systems regards collective, or system-wide, behaviors as the fundamental object of study; for this reason, complex systems can be understood as an alternative paradigm to [reductionism](#), which attempts to explain systems in terms of their constituent parts and the individual interactions between them.

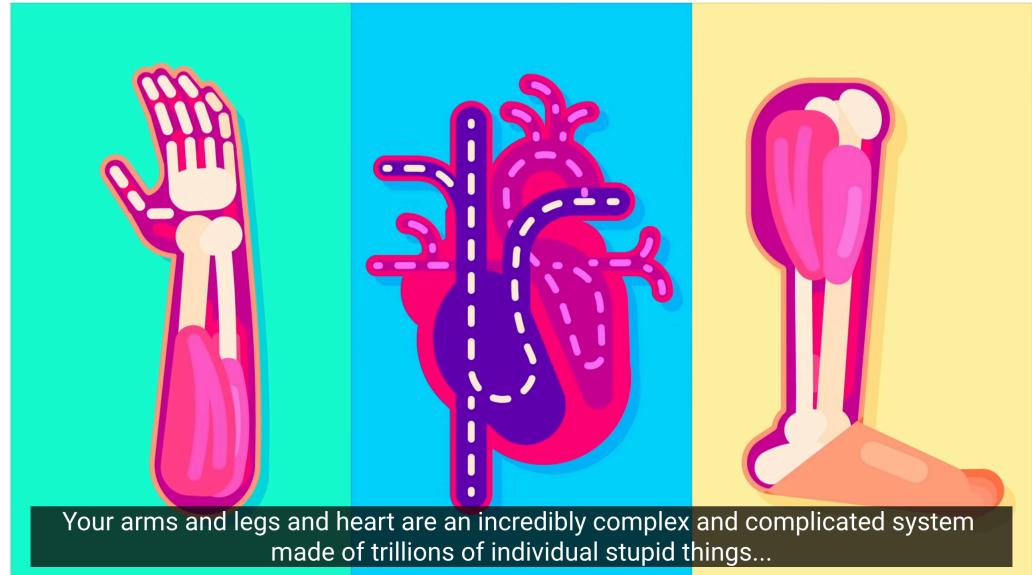
As an interdisciplinary domain, complex systems draws contributions from many different fields, such as the study of [self-organization](#) and critical phenomena from physics, that of [spontaneous order](#) from the social sciences, [chaos](#) from mathematics, [adaptation](#) from biology, and many others. *Complex systems* is therefore often used as a broad term encompassing a research approach to problems in many diverse disciplines, including [statistical physics](#), [information theory](#), [nonlinear dynamics](#), [anthropology](#), [computer science](#), [meteorology](#), [sociology](#), [economics](#), [psychology](#), and [biology](#).





La emergencia es una relación no trivial entre las propiedades de un sistema a escalas microscópicas y macroscópicas. Las propiedades macroscópicas se denominan emergentes cuando es difícil explicarlas simplemente a partir de las propiedades microscópicas.

La autoorganización es un proceso dinámico mediante el cual un sistema forma espontáneamente estructuras macroscópicas y / o comportamientos no triviales a lo largo del tiempo.



# Explican por qué las aves vuelan en V

Victoria Gill  
BBC

16 enero 2014

**El misterio de por qué tantos pájaros vuelan en formaciones en V está muy cerca de resolverse.**

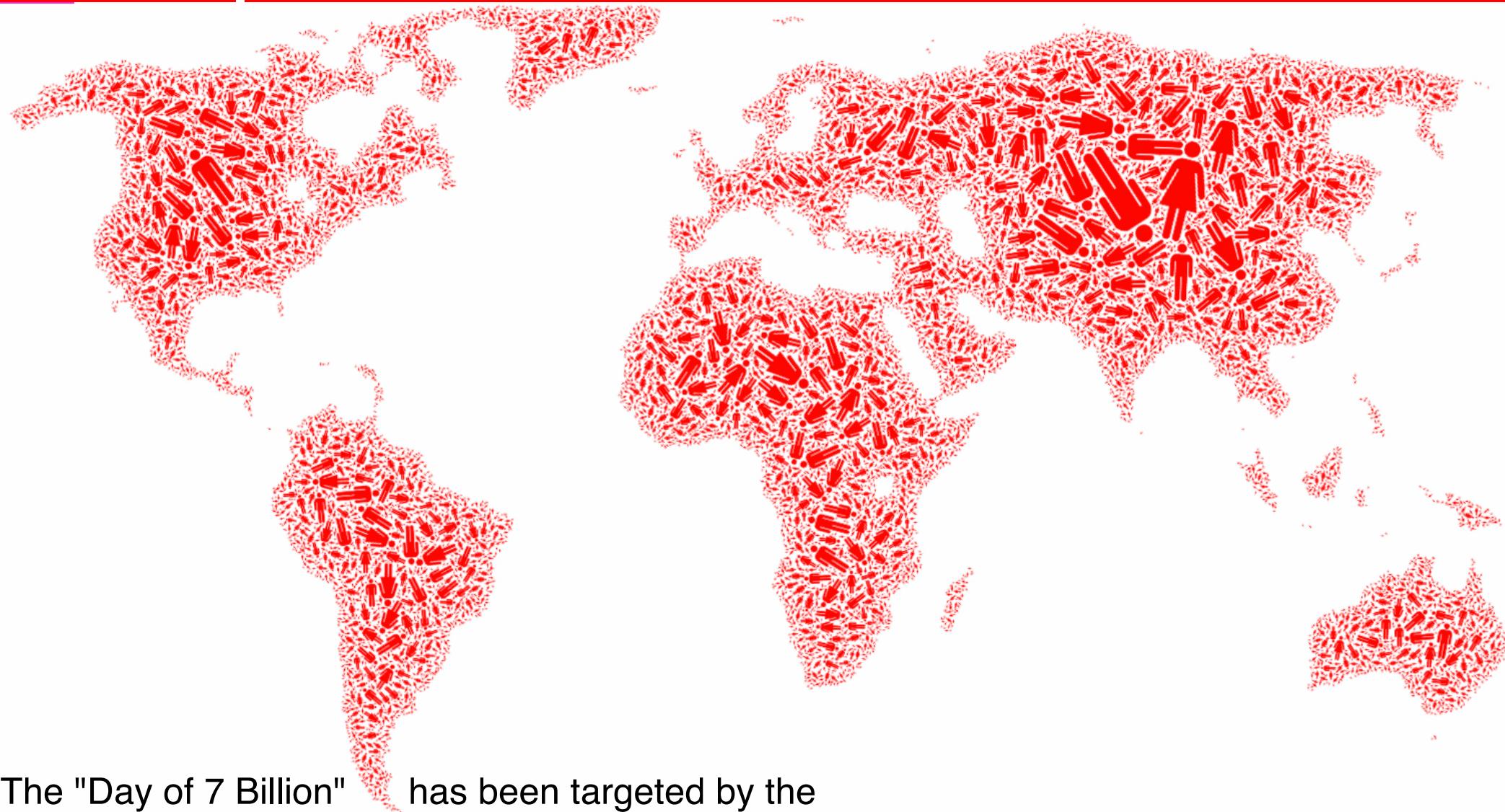
Científicos de la escuela de veterinaria de Universidad de Londres, en Reino Unido, colocaron dispositivos para recolectar datos a las aves de una bandada entrenada para migrar siguiendo a un avión ultraligero.

Gracias a esto, pudieron observar que los pájaros volaban en la posición óptima: ganando impulso del ave que va delante al mantenerse cerca de la punta de su ala.

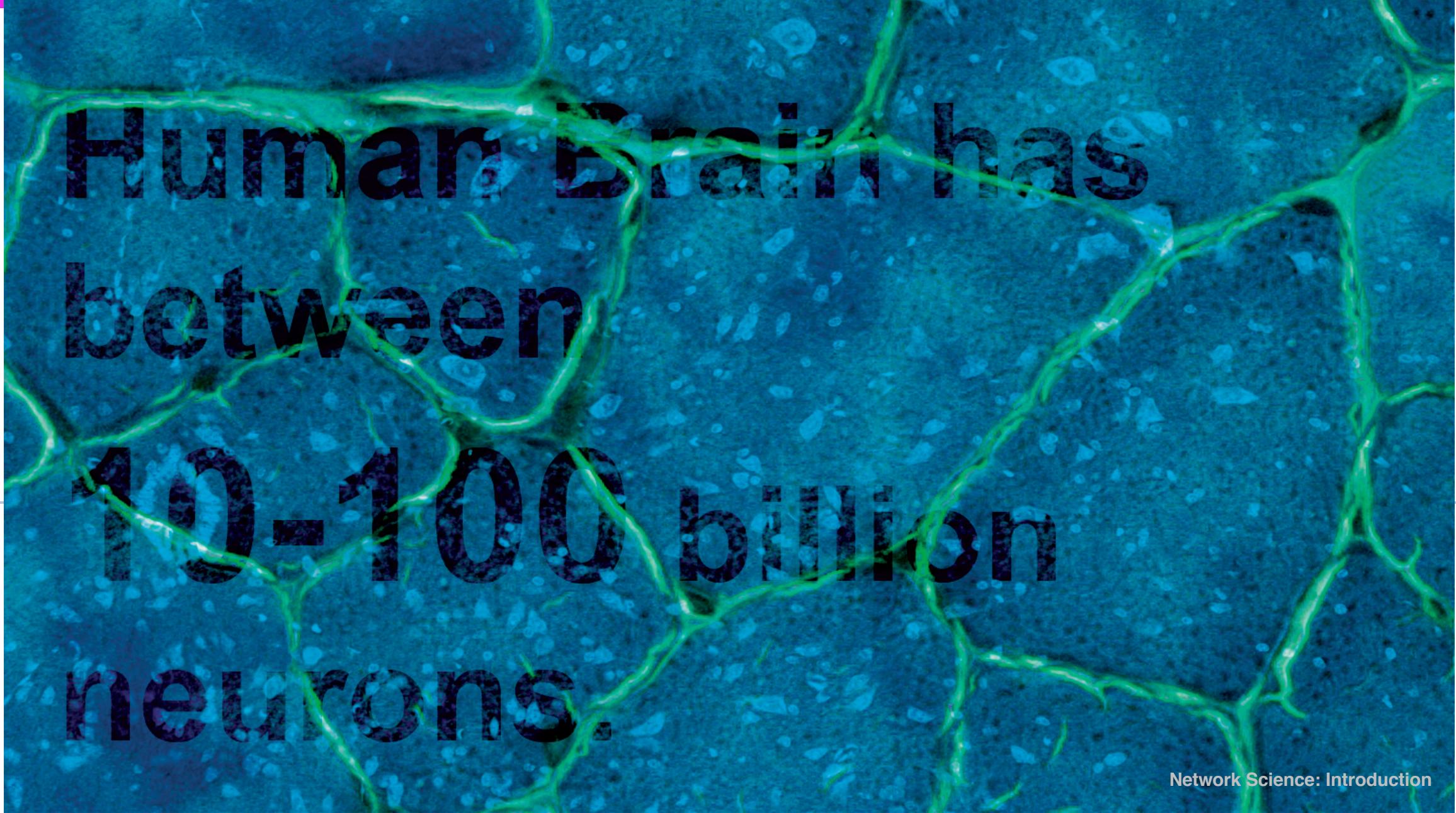
El estudio, publicado en la revista *Nature*, demostró además que las aves sincronizan sus aleteos.

Un experimento previo realizado con pelícanos ofreció el primer indicio real de que las formaciones en V sirven para preservar energía, al mostrar que el ritmo cardíaco de las aves disminuía cuando estaban volando juntas en V.





The "Day of 7 Billion" has been targeted by the United States Census Bureau to be in July 2012.  
[http://en.wikipedia.org/wiki/World\\_population](http://en.wikipedia.org/wiki/World_population)

A microscopic image of brain tissue, likely a section stained with a fluorescent dye that highlights the structure of neurons and their connections. The image shows a dense network of green-stained fibers (neurites) forming complex, branching patterns against a darker blue background. The overall texture is organic and somewhat abstract, resembling a complex web or a city map.

Human Brain has  
between  
10-100 billion  
neurons.

The world economy produced goods and services worth almost \$55 trillion in 2005.

(<http://siteresources.worldbank.org/ICPINT/Resources/ICPreportprelim.pdf>)

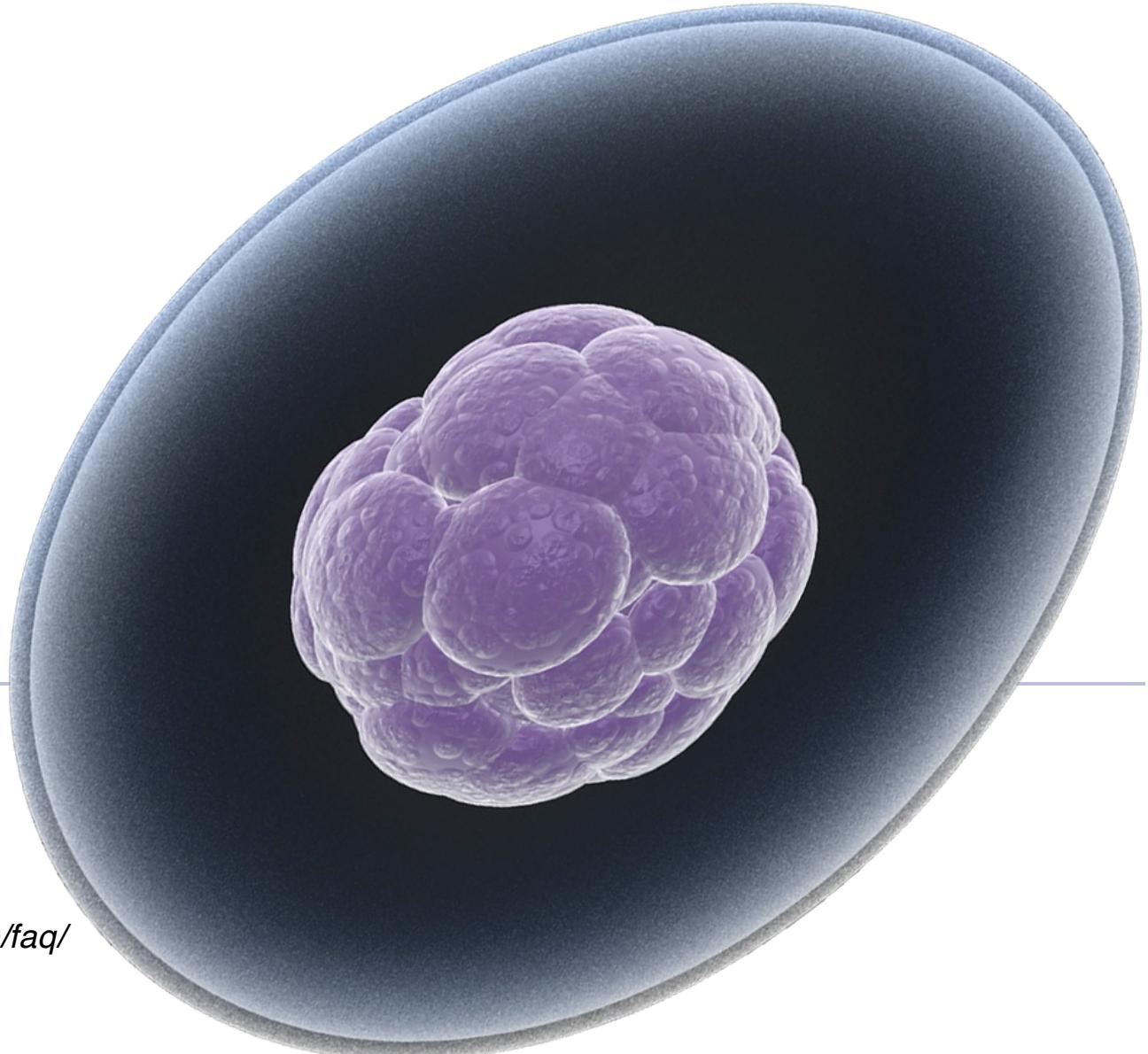


How Many Genes are in  
the Human Genome?

**23,299**

---

[http://www.ornl.gov/sci/techresources/Human\\_Genome/faq/genenumber.shtml](http://www.ornl.gov/sci/techresources/Human_Genome/faq/genenumber.shtml)

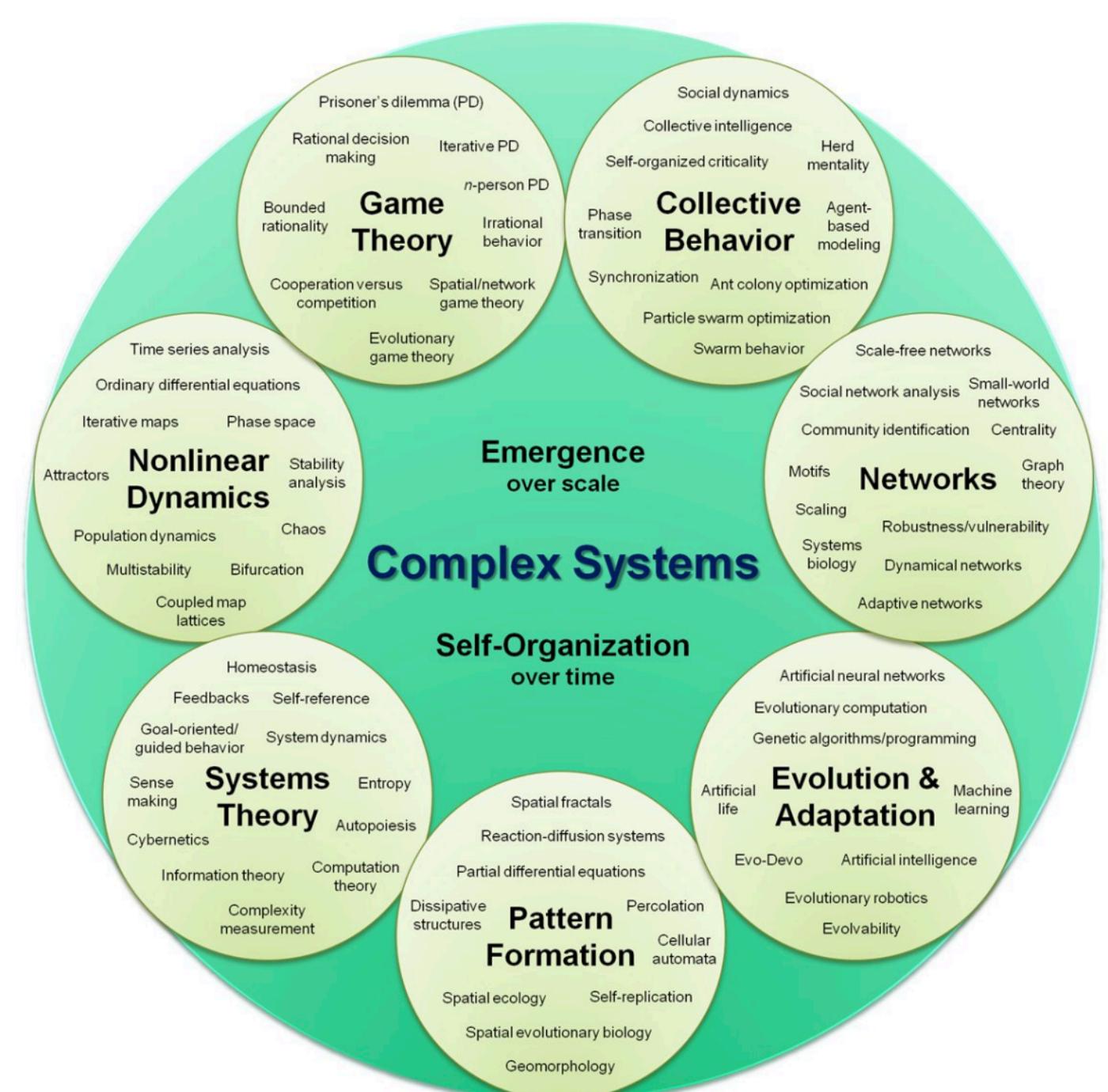


Detrás de cada sistema complejo hay una **red**, que define las interacciones entre los componentes.

## Sistemas complejos en pocas palabras

- Los sistemas complejos son redes formadas por una serie de componentes que interactúan entre sí, normalmente de forma no lineal. Los sistemas complejos pueden surgir y evolucionar a través de la autoorganización, de modo que no sean completamente regulares ni completamente aleatorios, lo que permite el desarrollo de un comportamiento emergente a escalas macroscópicas.





- 
- <https://complexityexplained.gitub.io/>
  - [https://complexityexplained.gitub.io/ComplexityExplained\[Spanish\].pdf](https://complexityexplained.gitub.io/ComplexityExplained[Spanish].pdf)

# COMPLEJIDAD EXPLICADA

*#ComplejidadExplicada  
#ComplexityExplained*

---



## INTERACCIONES

LOS SISTEMAS COMPLEJOS CONSISTEN DE MÚLTIPLES COMPONENTES INTERACTUANDO ENTRE SÍ Y CON SU ENTORNO DE MUCHAS MANERAS.



*"Cualquier objeto estudiado por la biología es un sistema de sistemas."*  
- Francois Jacob



## DINÁMICA

LOS SISTEMAS COMPLEJOS TIENDEN A CAMBIAR DINÁMICAMENTE SUS ESTADOS, A MENUDO EXHIBIENDO ALGÚN TIPO DE COMPORTAMIENTO IMPREDECIBLE A LARGO PLAZO.



*"Caos: Cuando el presente determina el futuro, pero un presente aproximado no determina aproximadamente el futuro."*  
- Edward Lorenz



## EMERGENCIA

LAS PROPIEDADES DE LOS SISTEMAS COMPLEJOS EN SU CONJUNTO SON MUY DIFERENTES, Y A MENUDO MÁS INESPERADAS, QUE LAS PROPIEDADES DE SUS COMPONENTES INDIVIDUALES.



*"No necesitas algo más para obtener algo más. Eso es lo que significa emergencia."*  
- Murray Gell-Mann

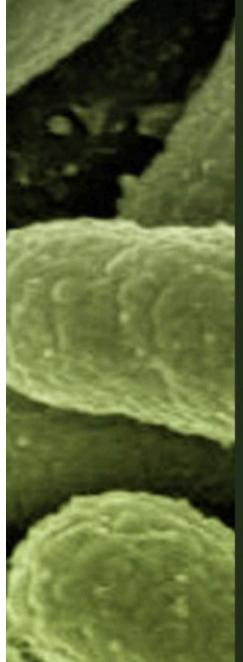


## AUTO-ORGANIZACIÓN

LOS SISTEMAS COMPLEJOS SE PUEDEN AUTO-ORGANIZAR PARA PRODUCIR PATRONES NO TRIVIALES DE MANERA ESPONTÁNEA SIN UN PLAN.



*"Se sugiere que un sistema de substancias químicas, llamados morfógenos, reaccionando entre sí y en difusión a través de un tejido, es adecuado para describir los fenómenos principales de la morfogénesis"*  
- Alan Turing



# ADAPTACIÓN

LOS SISTEMAS COMPLEJOS PUEDEN ADAPTARSE Y EVOLUCIONAR.

---



*"En biología nada tiene sentido, excepto cuando es visto bajo la luz de la evolución"*  
- Theodosius Dobzhansky



## MÉTODOS

LOS MÉTODOS MATEMÁTICOS Y COMPUTACIONALES SON HERRAMIENTAS PODEROSAS PARA EL ESTUDIO DE LOS SISTEMAS COMPLEJOS.

---



*"Todos los modelos están mal, pero algunos son útiles."*  
- George Box



## INTERDISCIPLINARIEDAD

LAS CIENCIAS DE LA COMPLEJIDAD PUEDEN UTILIZARSE PARA ENTENDER Y TRATAR UNA GRAN VARIEDAD DE SISTEMAS EN MUCHOS ÁMBITOS.

---



*"Puede que la búsqueda de propiedades en común entre diversos tipos de sistemas complejos no sea totalmente en vano... Las ideas de retroalimentación e información proveen un marco de referencia para considerar un amplio rango de situaciones."*



*"Pienso que el siguiente siglo [XXI] será el siglo de la complejidad."*  
– Stephen Hawking

- 
- <https://complexityexplained.gitub.io/>
  - [https://complexityexplained.gitub.io/ComplexityExplained\[Spanish\].pdf](https://complexityexplained.gitub.io/ComplexityExplained[Spanish].pdf)

# COMPLEJIDAD EXPLICADA

*#ComplejidadExplicada  
#ComplexityExplained*

---

**FACULTAD DE INGENIERÍA  
MAGÍSTER EN DATA SCIENCE**

**A. Antecedentes Generales.**

- Nombre de la asignatura : Ciencia de Redes
- Tipo de asignatura (obligatoria, electiva, optativa) : Obligatoria
- Pre – requisitos : Python para data science;  
Estadística para data science.
- Créditos : 3
- Ubicación dentro del plan de estudio (período académ.) : Tercer trimestre
- Horas académicas directas teóricas : 28
- Horas académicas directas prácticas : 0
- Horas académicas de trabajo autónomo : 84

# Evaluaciones:

Tests de entrada: 20%

Tareas: 30%

Trabajo Final 50%

## TRABAJO FINAL

El trabajo final corresponde a la entrega de un informe, código y presentación final realizada por los mismos grupos y sobre el mismo problema de la presentación intermedia. El criterio de evaluación será:

Criterio	%
Motivación y Descripción de los problemas dados (asimilar, entender y comunicar el objetivo de los problemas dados)	10
Descripción de los Datos y Metodologías (use todos los conceptos aprendidos en clases y talleres)	20
Resultados y discusión (mostrar, explicar y discutir los resultados obtenidos en detalle. Articulando con los conceptos vistos en clases)	30
Conclusiones (reflexiones finales del trabajo en función de los encontrado y lo aprendido)	20
Limitaciones (lo que se podría mejorar en los datos y/o metodologías usadas y problemas surgidos en los análisis)	10
Calidad de la Presentación (estructura, claridad, gráficas y tablas legibles)	10

## Evaluación actitudinal

El curso promueve la adherencia al siguiente código de honor:

### Do's:

- Formar grupos de estudio (con un número arbitrario de personas); discutir y trabajar en los problemas de las tareas en grupos
- Escribir las soluciones de forma independiente
- Anote los nombres de las personas con las que ha hablado de la tarea.

### Dont's

- Copiar o consultar las **soluciones** oficiales o no oficiales de años anteriores u otras fuentes de información al preparar las respuestas.

### Código de honor para la presentación grupales

- Los estudiantes que presentan en grupos actúan como una unidad.
- Pueden compartir recursos (como notas) entre ellos y escribir las soluciones juntos.
- Todos los estudiantes deben comprender completamente todas las respuestas en su presentación (se selecciona uno al azar para presentar, falta injustificada equivale a nota mínima)
- Cada estudiante debe comprender la solución lo suficientemente bien para poder reconstruirla por sí mismo.

|

## **NORMAS DE CONDUCTA AL INTERIOR DE LA SALA DE CLASES**

Con el propósito de evitar dificultades y malos entendidos, a continuación, se describen las normas de conducta a considerar en el desarrollo del curso:

- Se debe respetar la hora de inicio de la clase. Esto permite el desarrollo fluido de la misma, por lo que se podrá llegar tarde no más de 5 minutos.
- Comer, usar celular, salir de la sala durante la clase constituye un desagrado para el resto de los asistentes, por lo que se solicita tener presente este requerimiento.

## **9. BIBLIOGRAFÍA**

### **OBLIGATORIA**

- Barabási, A. L. (2014). Network science book. *Network Science*, 625. (Disponible en <http://networksciencebook.com/>)
  - Newman, M. (2018). *Networks*. Oxford university press.
- 
- Bibliografía Recomendada.
  - Easley, D., & Kleinberg, J. (2010). *Networks, crowds, and markets* (Vol. 8). Cambridge: Cambridge university press