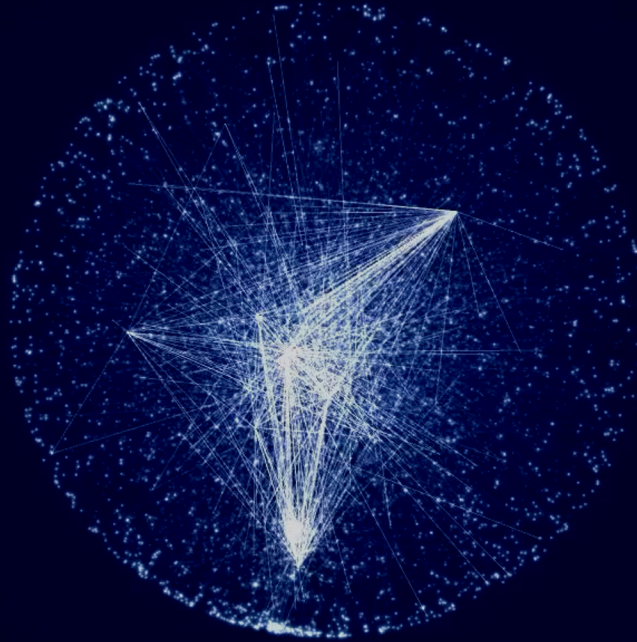


PARTIMOS EN BREVE

MUCHAS GRACIAS

Network Science



Dr. Cristian Candia

*Director del Magister en Data Science y del Computational
Research in Social Science Laboratory,
Instituto de Data Science, Centro de Inv. en Complejidad Social,
Facultades de Ingeniería y Gobierno
Universidad del Desarrollo, Chile*

*Académico Adjunto,
Northwestern University, United States*

Video: Protein-Protein Interactions
Credit: Mauro Martino



Universidad del Desarrollo
Facultad de Ingeniería



Universidad del Desarrollo
Facultad de Gobierno

dataScience 

CICS 
CENTRO DE INVESTIGACIÓN EN COMPLEJIDAD SOCIAL

 **CRISSLAB**
DECODING BEHAVIOR, ADVANCING SOCIETY

 **NICOL** NORTHWESTERN INSTITUTE
ON COMPLEX SYSTEMS

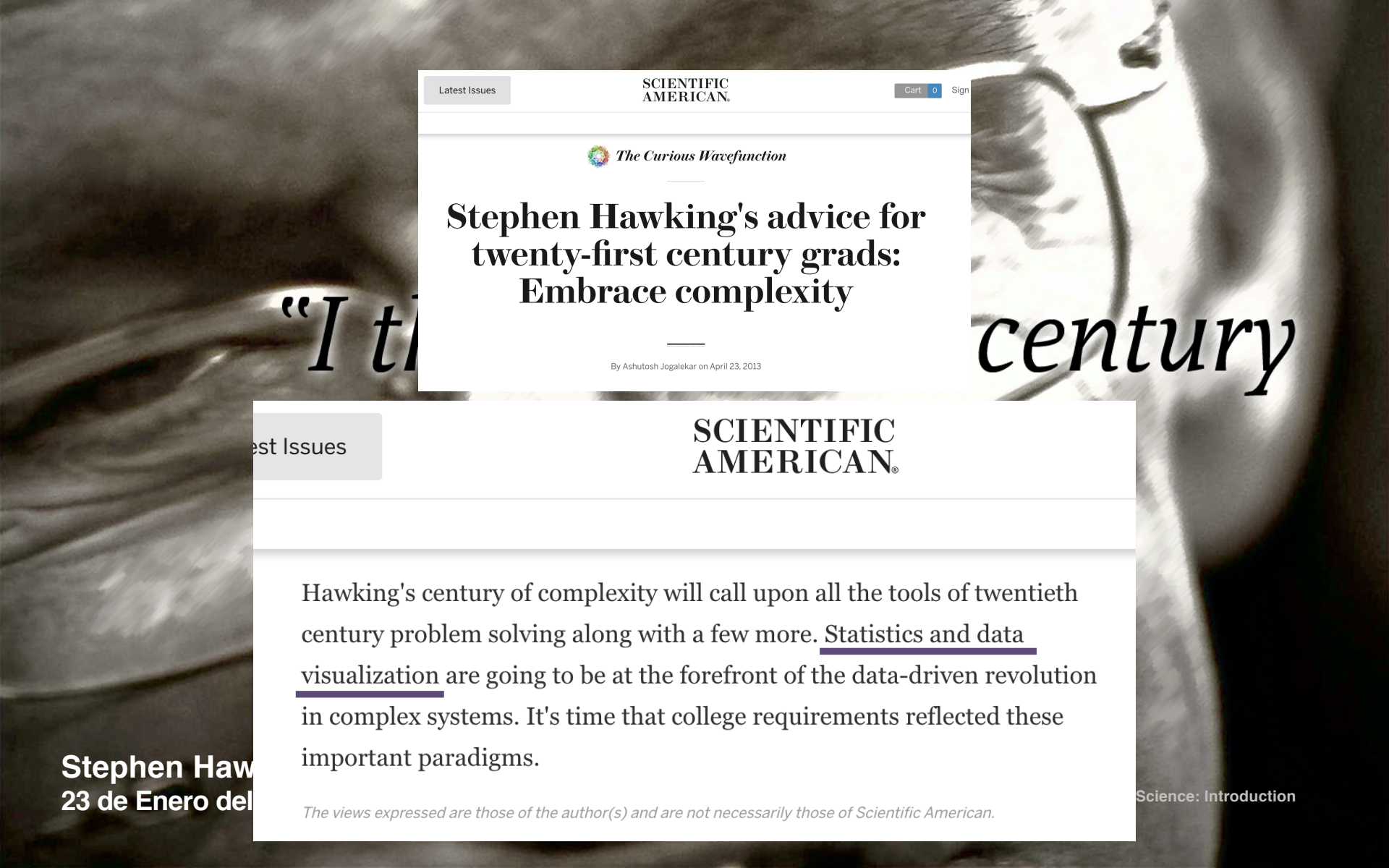
Introducción a Ciencia de Redes



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

Stephen Hawking
23 de Enero del 2000

Network Science: Introduction



"I th

century

Latest Issues

SCIENTIFIC
AMERICAN.

Cart 0 Sign

 *The Curious Wavefunction*

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

By Ashutosh Jogalekar on April 23, 2013

est Issues

SCIENTIFIC
AMERICAN.

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.

Stephen Haw
23 de Enero del

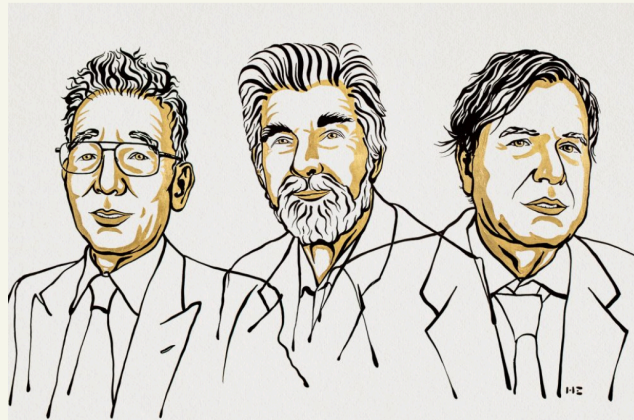
Science: Introduction

"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.

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](#).

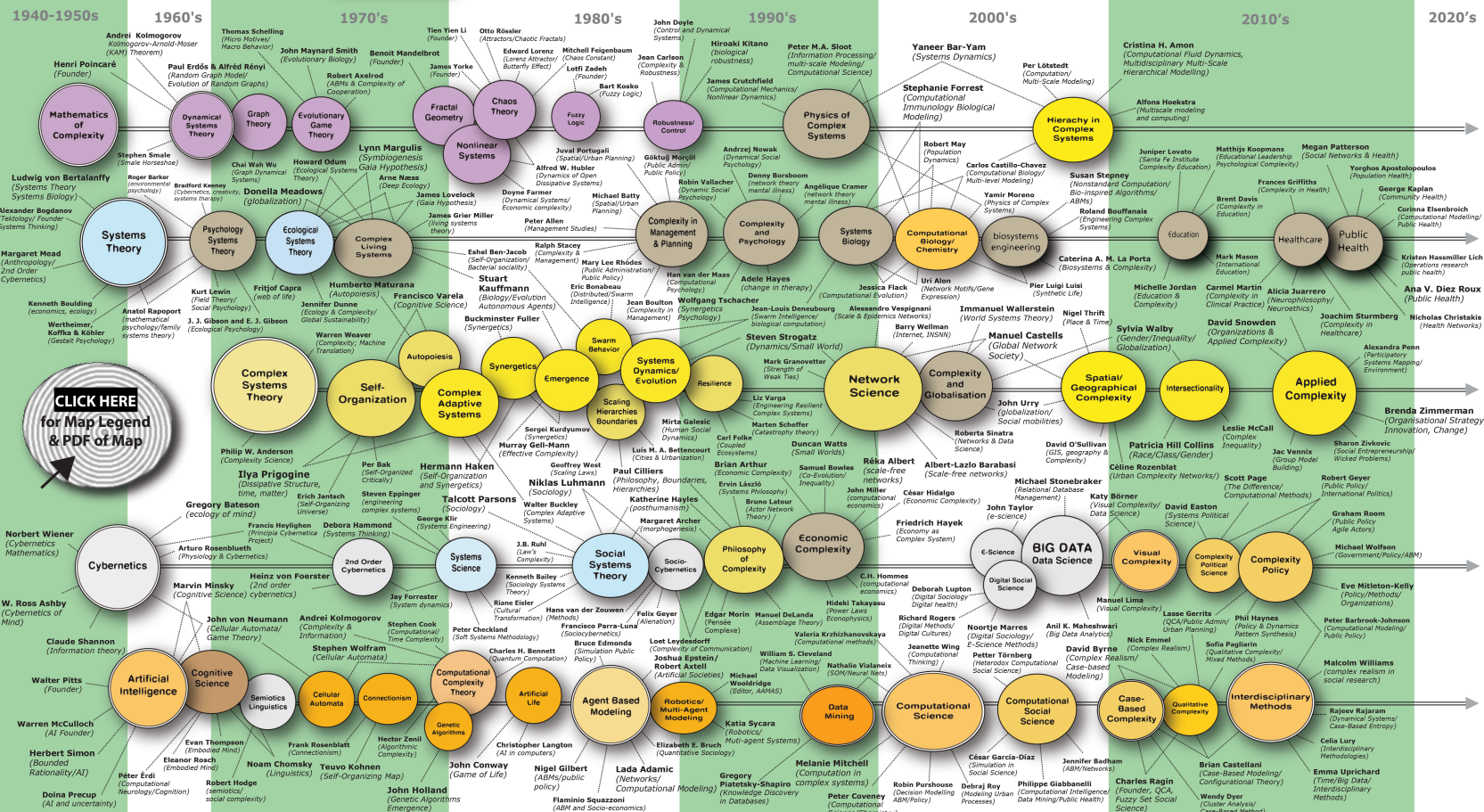
Complex systems are [systems](#) whose behavior is intrinsically difficult to model due to the dependencies, competitions, relationships, or other types of interactions between their parts or between a given system and its environment. Systems that are "[complex](#)" have distinct properties that arise 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.^[1] 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](#).

2021 Map of the Complexity Sciences

Brian Castellani & Lasse Gerrits



PROPIEDADES DE UN SISTEMA COMPLEJO

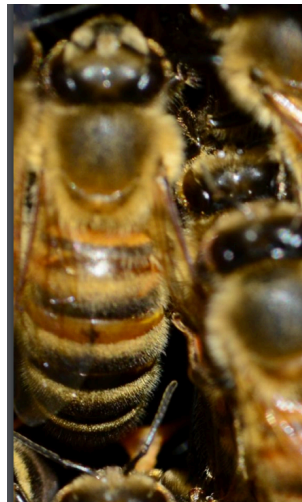
- Componentes o agentes simples (relativo al sistema en su totalidad)
- Interacciones no lineales entre los componentes
- Ausencia de control centralizado
- Comportamientos emergentes:
 - Organización jerárquica
 - Procesamiento de información
 - Dinámica
 - Evolución y aprendizaje



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



AUTO-ORGANIZACIÓN

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

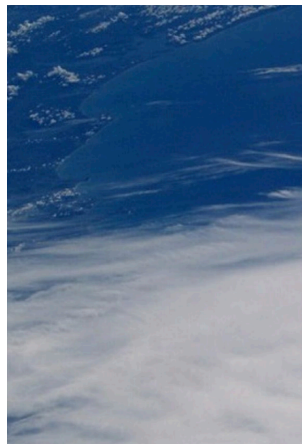
"Se sugiere que un sistema de sustancias químicas, llamados morfógenos, reaccionando entre sí y en difusión a través de un tejido, es adecuado para describir los fenómenos principales de la morfogénesis"
- Alan Turing



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.

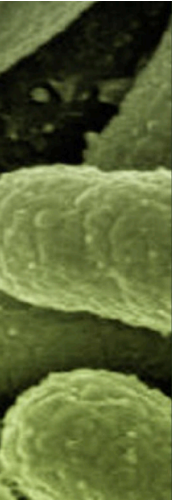
"No necesitas algo más para obtener algo más. Eso es lo que significa emergencia."
- Murray Gell-Mann



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



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



INTERDISCIPLINARIEDAD

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

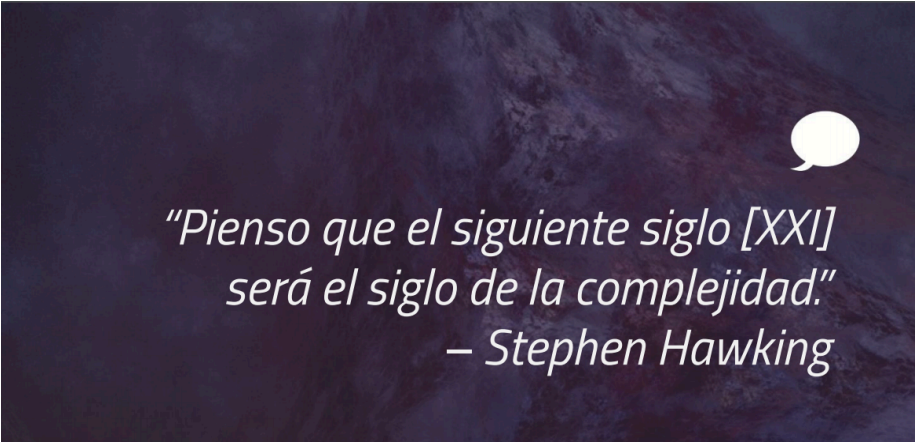
"Puede que la búsqueda de propiedades en común entre diversos tipos de sistemas complejos no sea totalmente en vano... Las ideas de retroalimentación e información proveen un marco de referencia para considerar un amplio rango de situaciones."



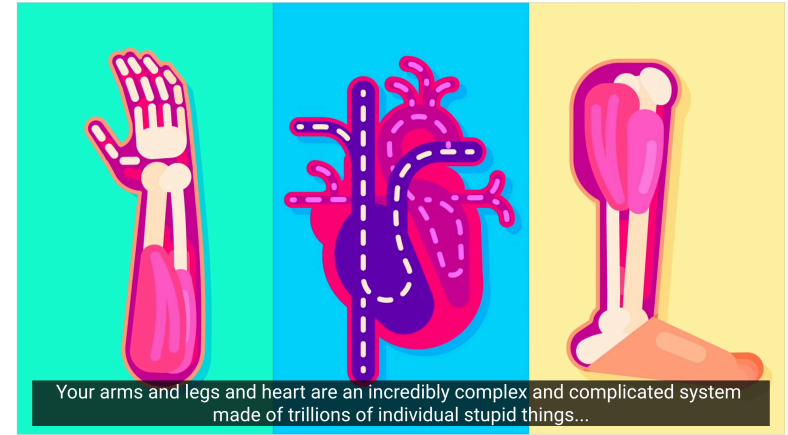
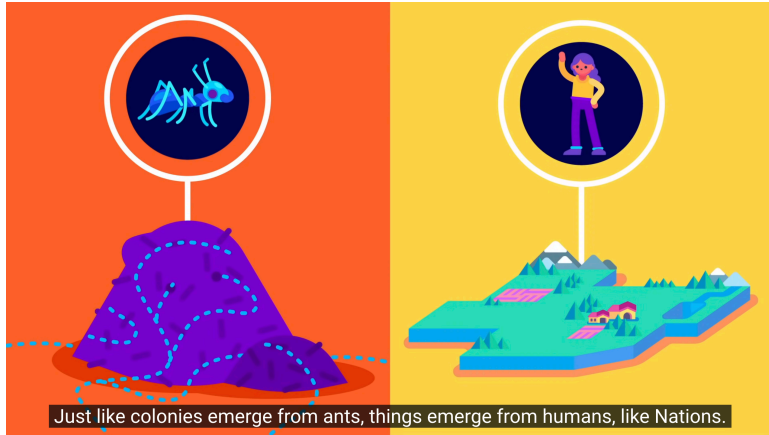
MÉTODOS

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

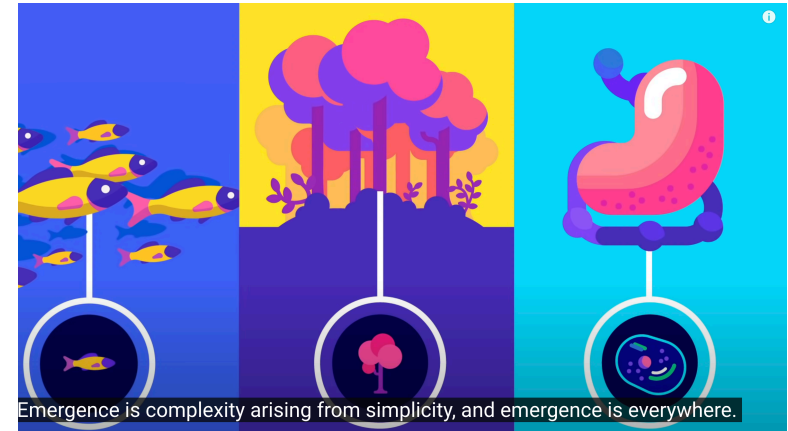


"Pienso que el siguiente siglo [XXI] será el siglo de la complejidad."
– Stephen Hawking



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.



- <https://complexityexplained.github.io/>

- [https://complexityexplained.github.io/ComplexityExplained\[Spanish\].pdf](https://complexityexplained.github.io/ComplexityExplained[Spanish].pdf)

COMPLEJIDAD EXPLICADA

#ComplejidadExplicada
#ComplexityExplained

Redes en el Corazón de los Sistemas Complejos

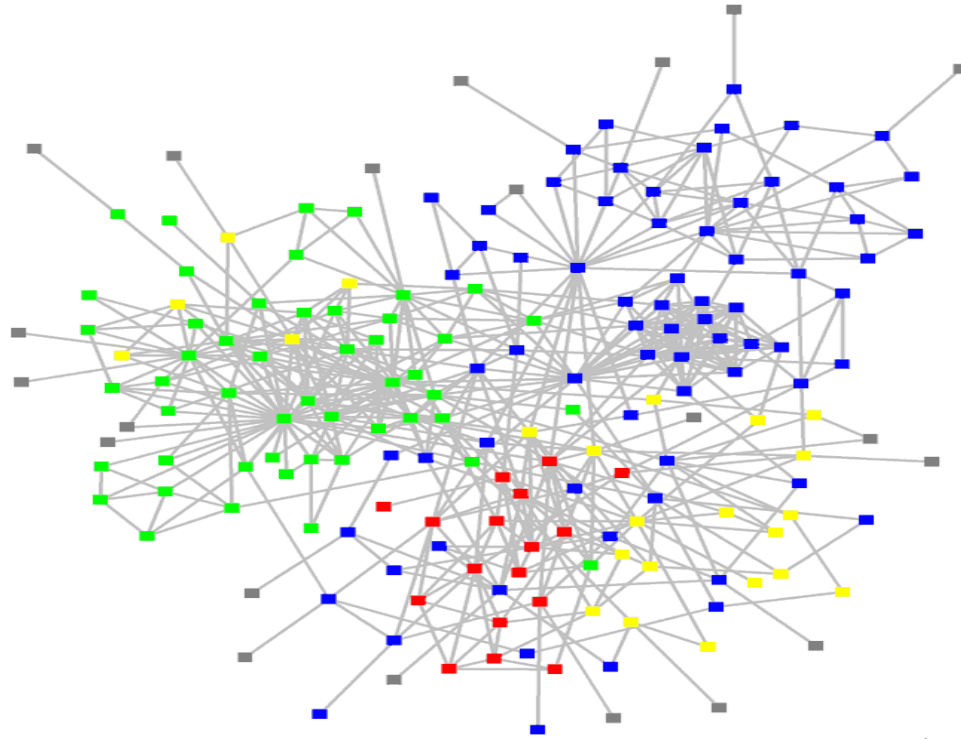
Por qué estudiar redes?

- Muchas de las relaciones económicas, políticas, y sociales — entre otros sistemas— son formadas a partir de la estructura local de las relaciones
- Las estructuras de las redes a nivel global influyen el comportamiento individual
- Entendimiento general de las conexiones entre unidades del mismo tipo



El “grafo social” detrás de Facebook

ESTRUCTURA DE UNA ORGANIZACIÓN



- : departments
- : consultants
- : external experts

www.orgnet.com

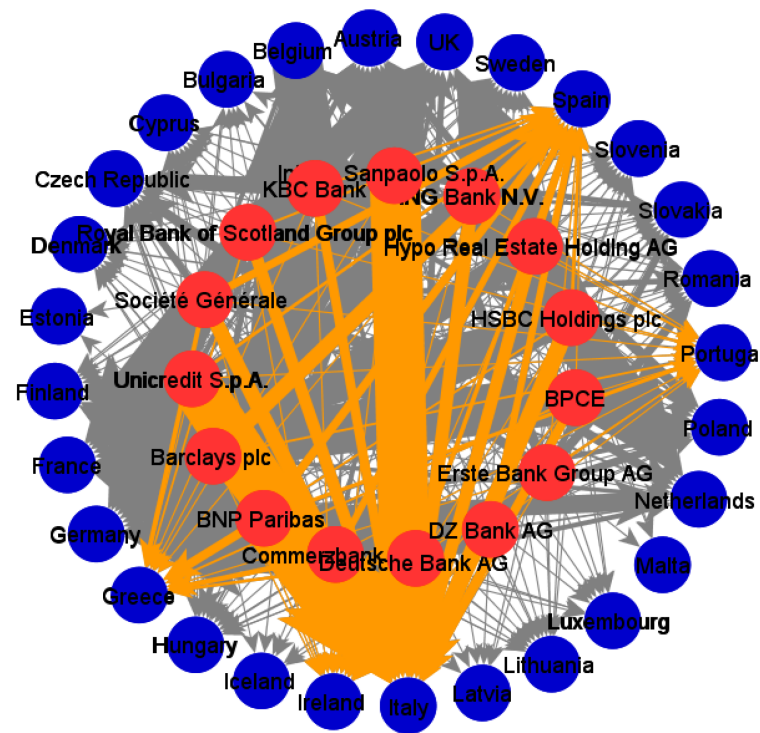
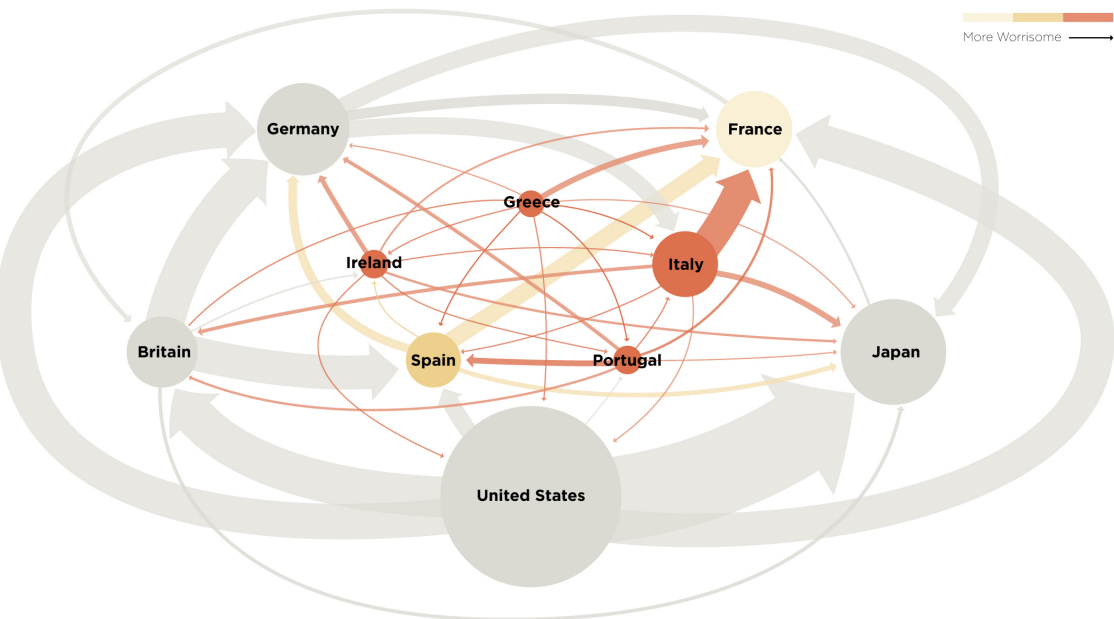
**El cerebro humano
tiene entre 10 y 100
billones de
neuronas.**

Las (sutiles) redes financieras.



Emiratos Arabes
HSBC (Londres)
VISA (USA)
Regla transacciones Islámicas
También para países no-musulmanes

La no-muy-sutil red financiera: La interdependencia del sector financiero en 2011



Nodos: Instituciones financieras
Enlaces: Relaciones entre ellas

It uses transaction relationships to map the financial sector

PERSPECTIVE

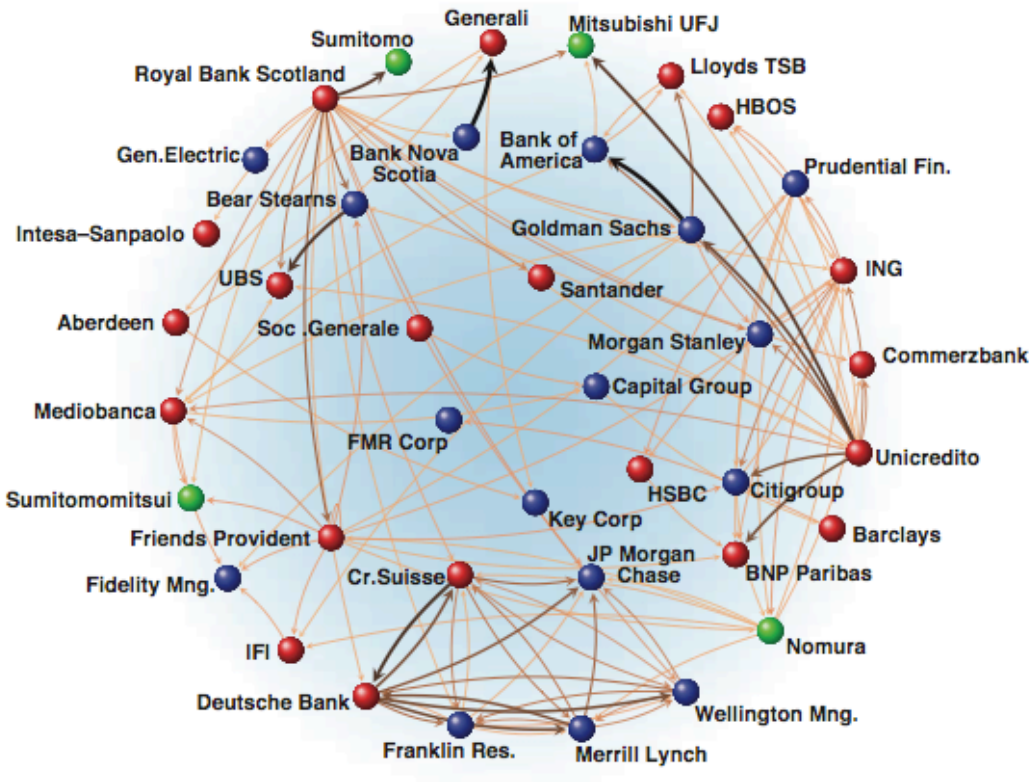
Economic Networks: The New Challenges

Frank Schweitzer,^{1*} Giorgio Fagiolo,² Didier Sornette,^{1,3} Fernando Vega-Redondo,^{4,5}
Alessandro Vespignani,^{6,7} Douglas R. White⁸

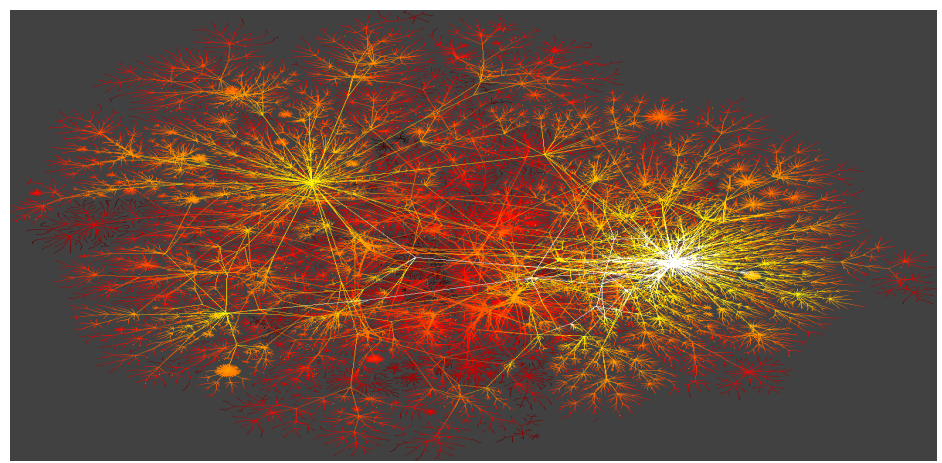
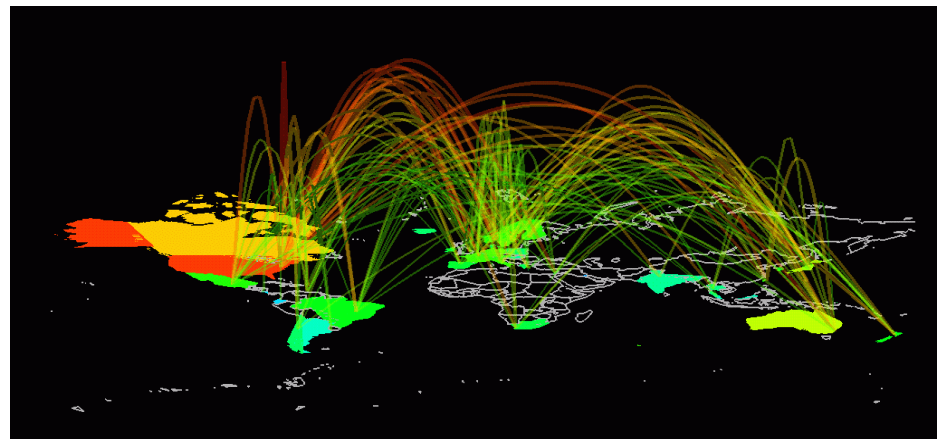
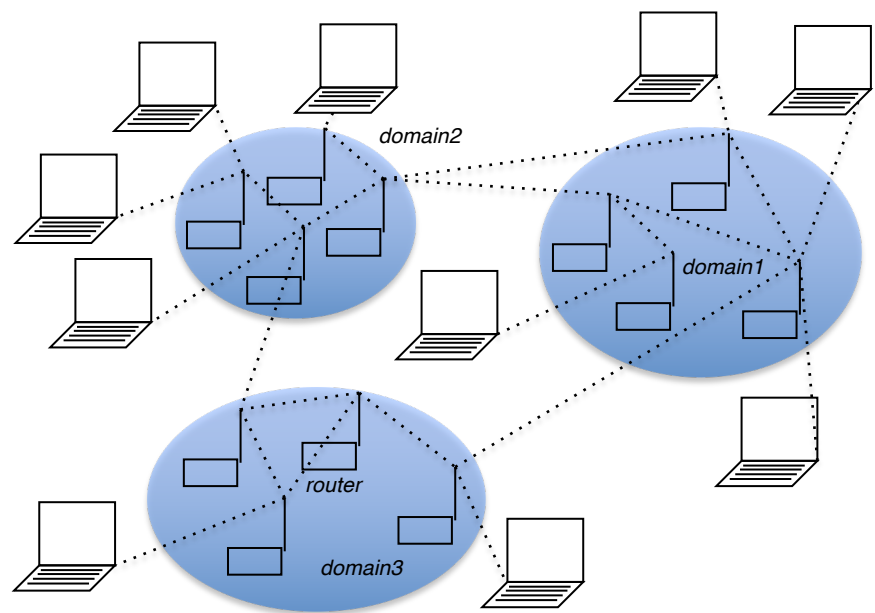
The current economic crisis illustrates a critical need for new and fundamental understanding of the structure and dynamics of economic networks. Economic systems are increasingly built on interdependencies, implemented through trans-national credit and investment networks, trade relations, or supply chains that have proven difficult to predict and control. We need, therefore, an approach that stresses the systemic complexity of economic networks and that can be used to revise and extend established paradigms in economic theory. This will facilitate the design of policies that reduce conflicts between individual interests and global efficiency, as well as reduce the risk of global failure by making economic networks more robust.

24 JULY 2009, VOL 325, SCIENCE

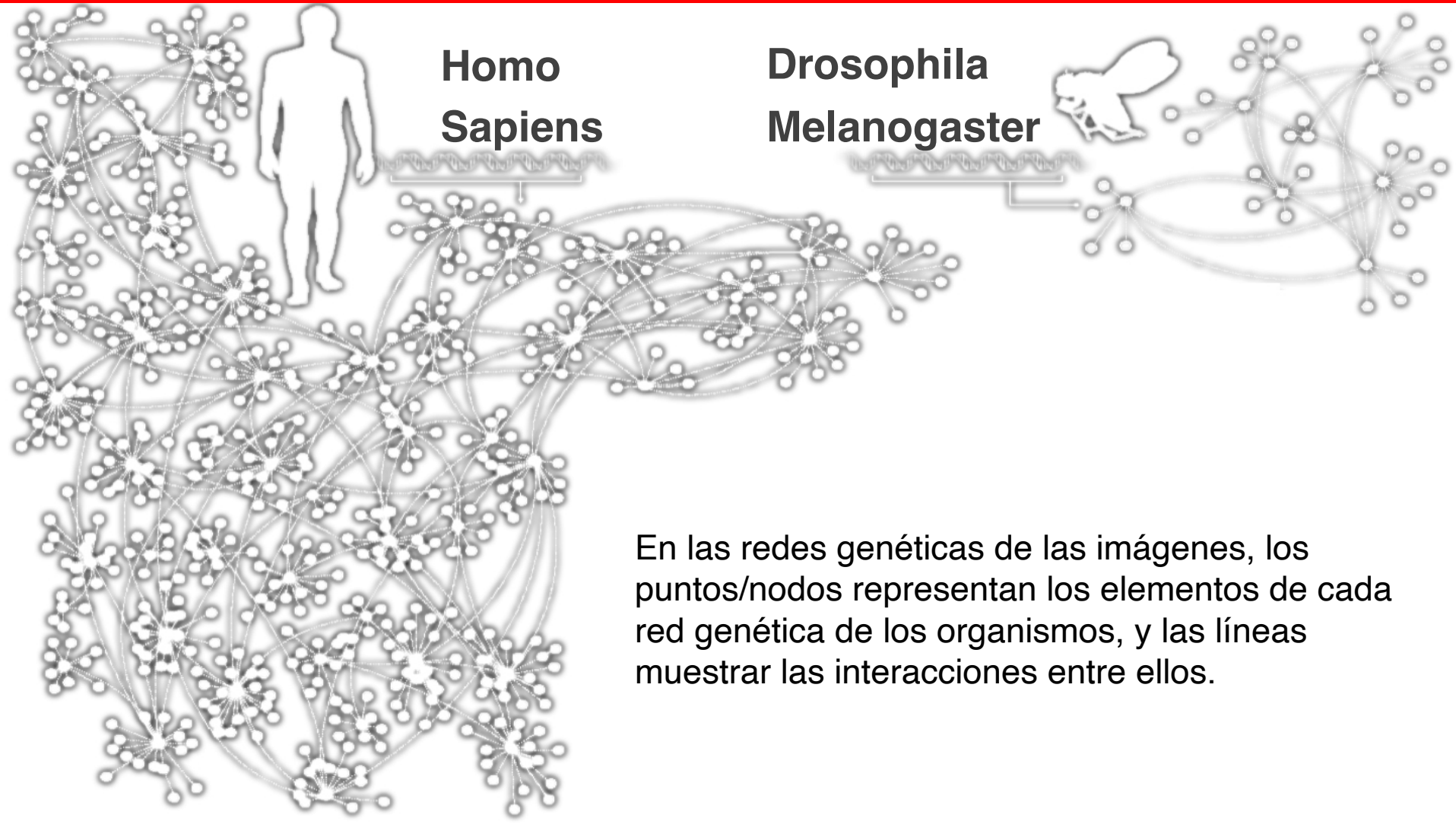
https://www.science.org/doi/pdf/10.1126/science.1173644?casa_token=jF_xlwUc1BYAAAAA:e-lqiZ0nI_kp8uQ30lsx11CSH4zlij61nu-Opp1CkTnpHQ_ieQbs3tJ_U0NJGpXIRfB6XbFJg31kLlri



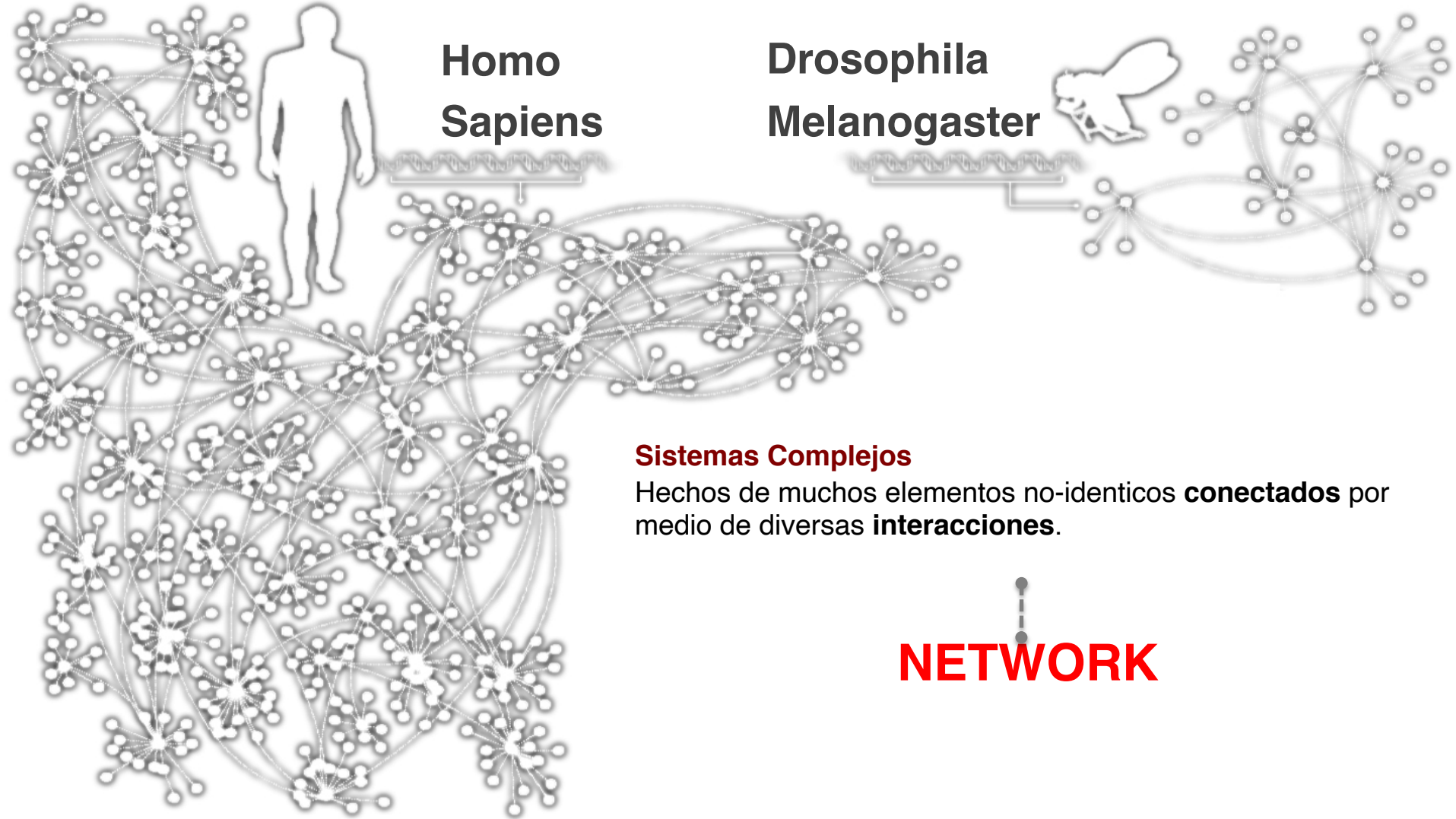
INTERNET

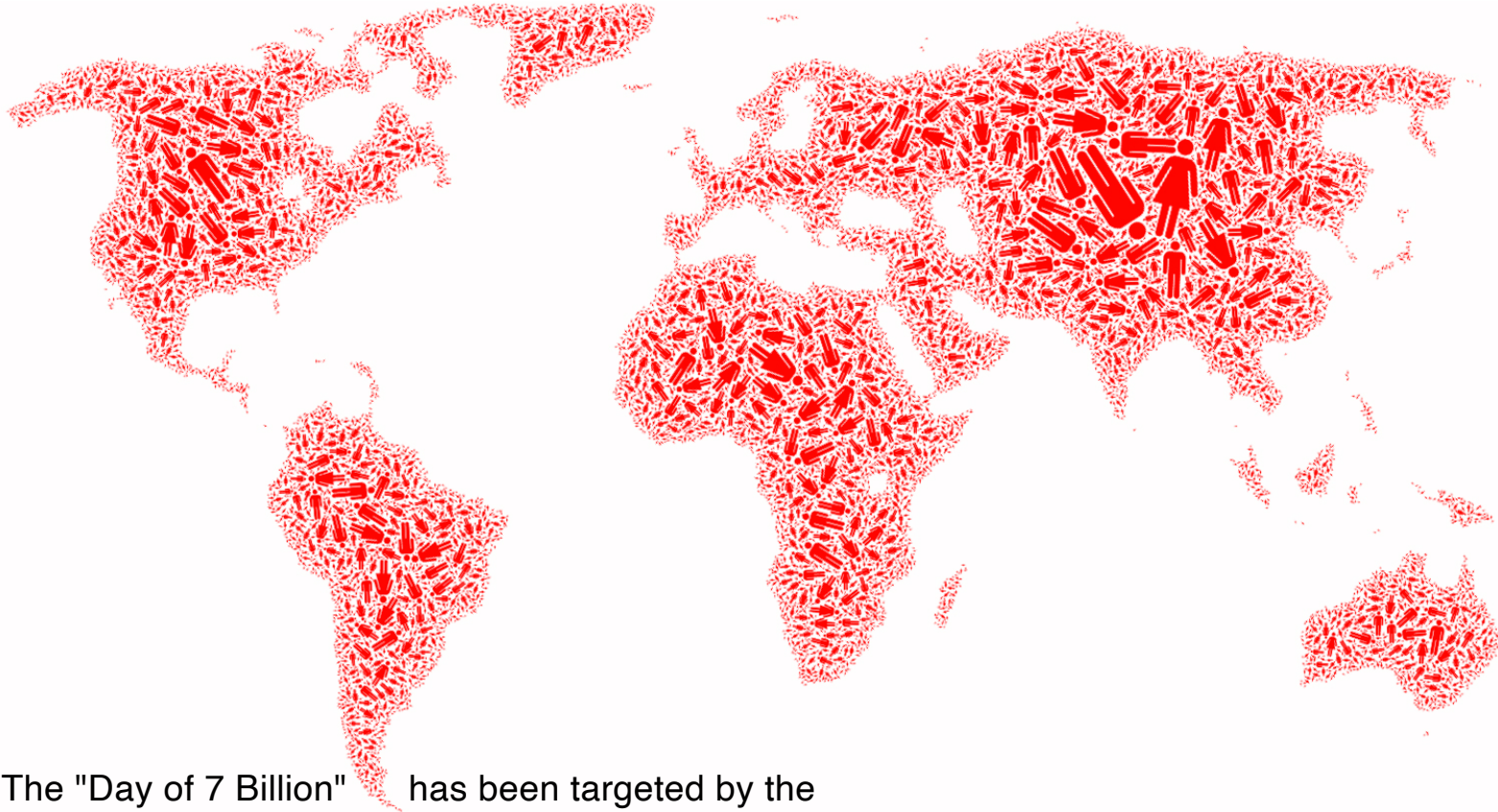


GENES HUMANOS



GENES HUMANOS





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

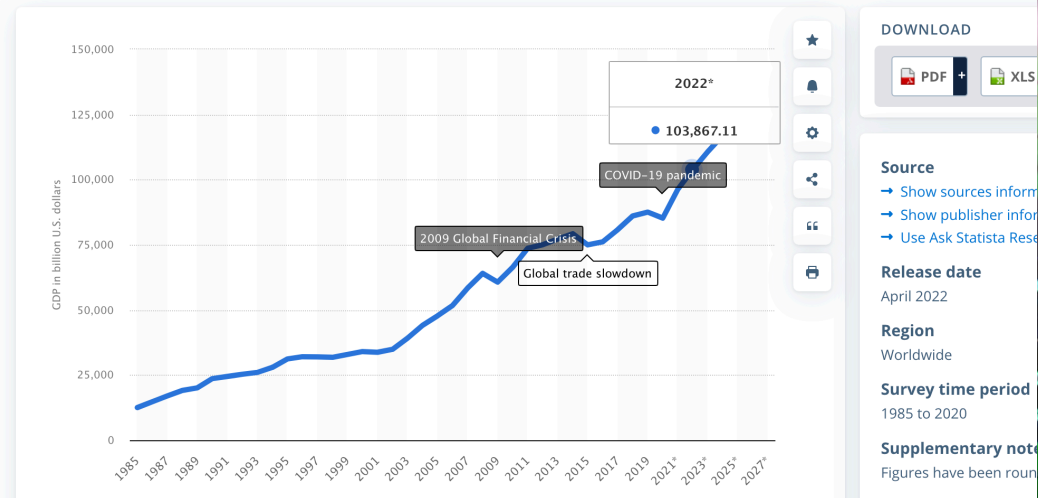
ECONOMY

Factoid: Cuánto produce la economía mundial?

The world economy produced goods and services worth almost \$47 trillion in 2005 and \$96 trillion in 2021.

(<https://data.worldbank.org/indicator/NY.GDP.MKTP.CD>)

Global gross domestic product (GDP) at current prices from 1985 to 2027
(in billion U.S. dollars)

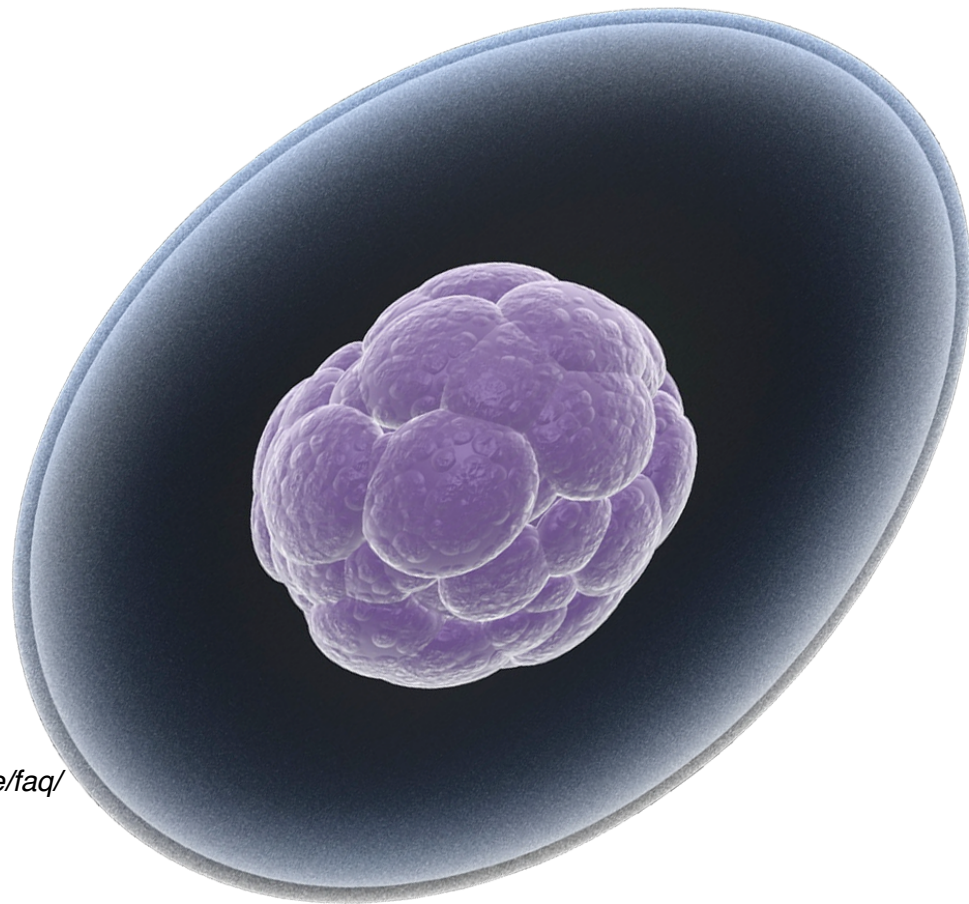


How Many Genes are in
the Human Genome?

23,299

between 20,000 and 25,000 genes

http://www.ornl.gov/sci/techresources/Human_Genome/faq/genenumber.shtml



**LAS REDES ESTÁN EN TODAS
PARTES!!!**

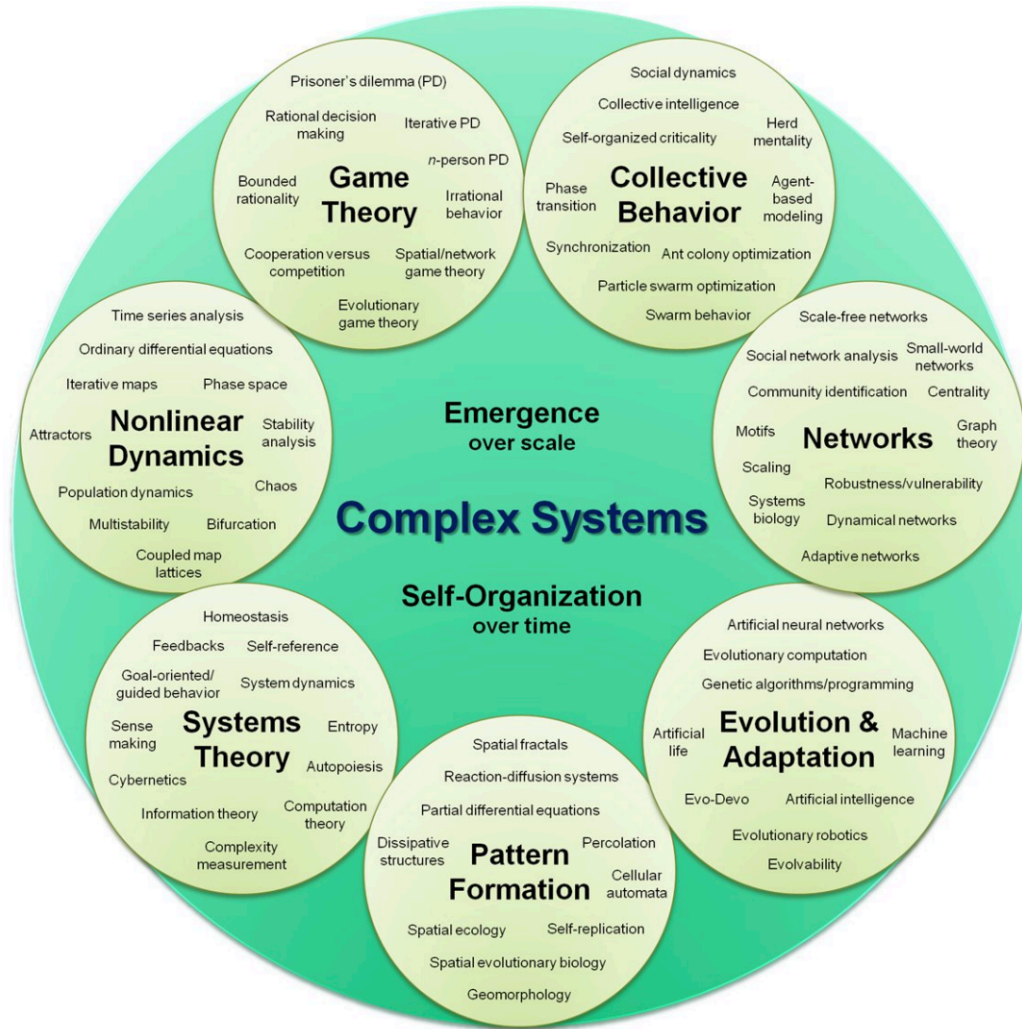
Detrás de cada sistema complejo hay una **red**, que define las interacciones entre los componentes.

Nunca entenderemos un sistema complejo a menos que entendamos las redes detrás de ellos.

Sistemas complejos en pocas palabras

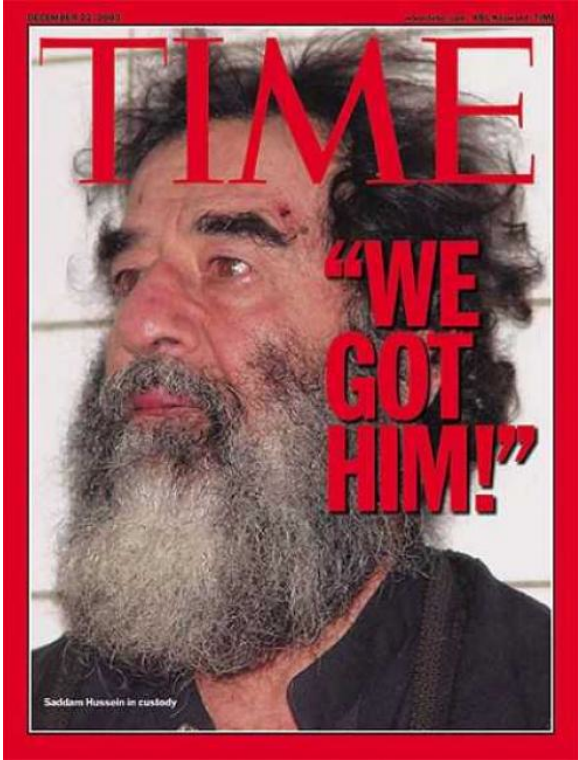
Los sistemas complejos son redes formadas por una serie de componentes que interactúan entre sí, normalmente de forma no lineal.

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.

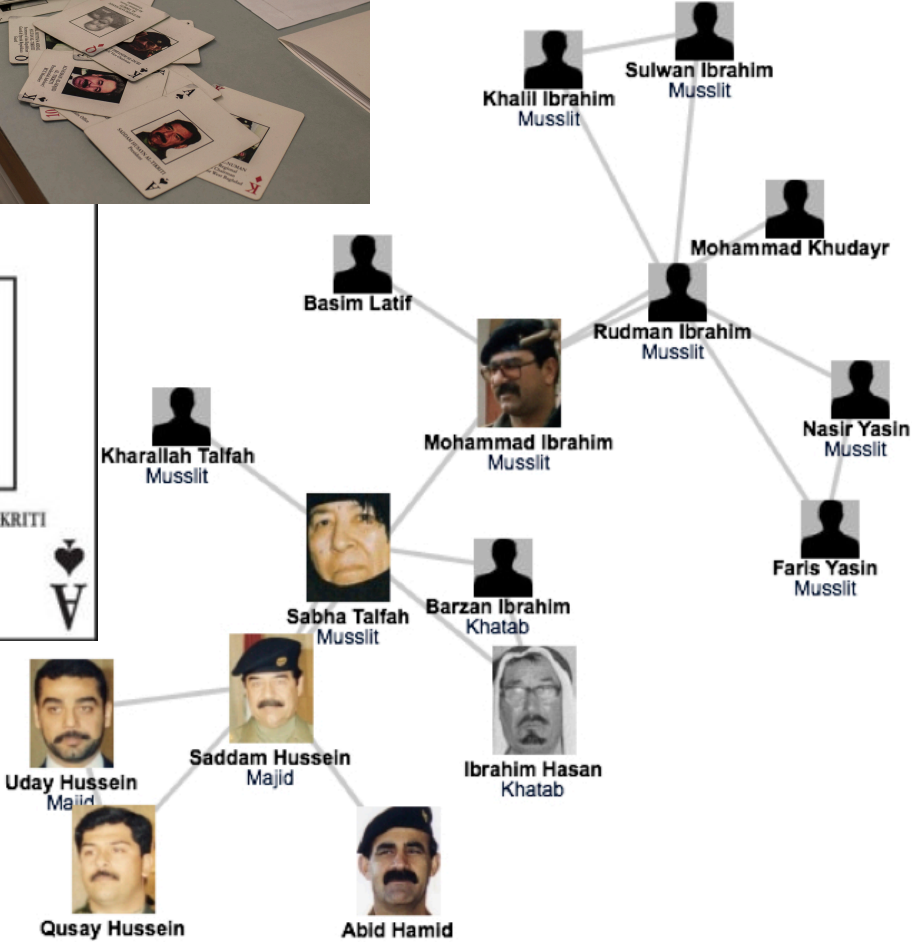
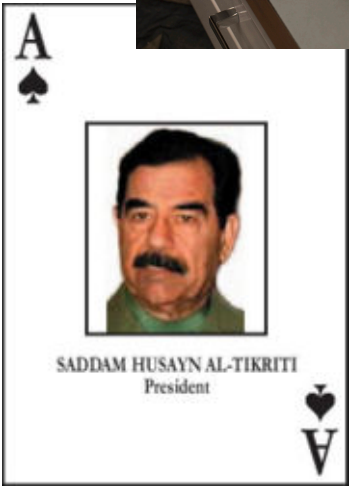


DESDE SADDAM HUSSEIN HASTA TEORÍA DE REDES

Una simple historia(1) El destino de Saddam y network science



Capturado el 13 diciembre de 2003



La captura de Saddam Hussein:

Muestra el fuerte poder predictivo de las redes.

Subraya la necesidad de obtener mapas precisos de las redes que pretendemos estudiar; y las dificultades a menudo heroicas que encontramos durante el proceso de mapeo.

Demuestra la notable estabilidad de estas redes: la captura de Hussein no se basó en una nueva inteligencia, sino en sus vínculos sociales previos a la invasión, desenterrados de fotos antiguas apiladas en su álbum familiar.

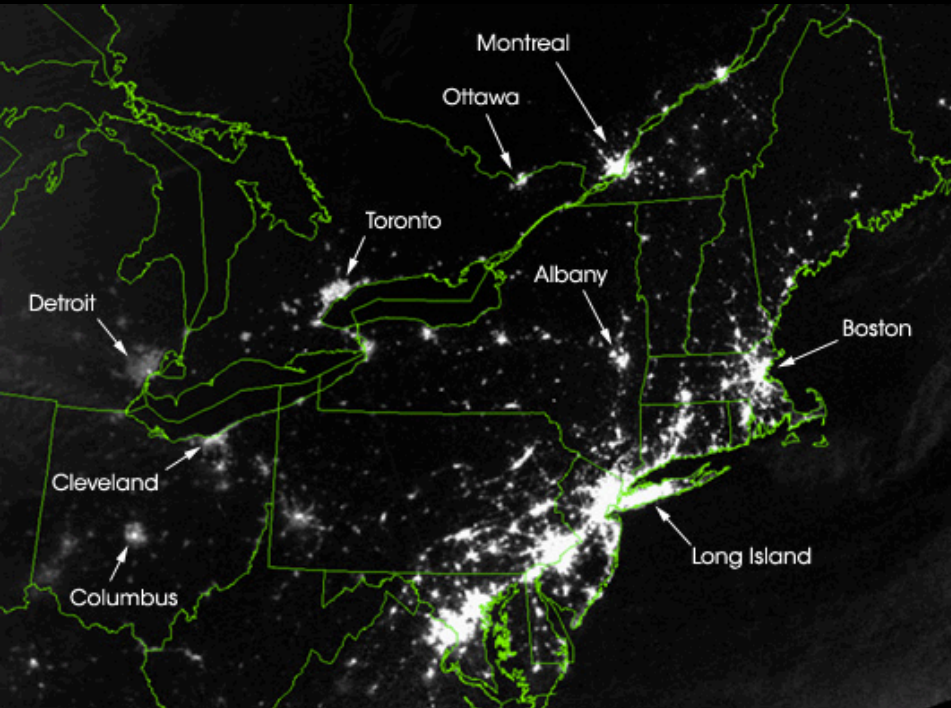
Muestra que la elección de la red en la que nos enfocamos marca una gran diferencia: el árbol jerárquico, que capturó la organización oficial del gobierno iraquí, no sirvió de nada cuando se trató del paradero de Saddam Hussein.



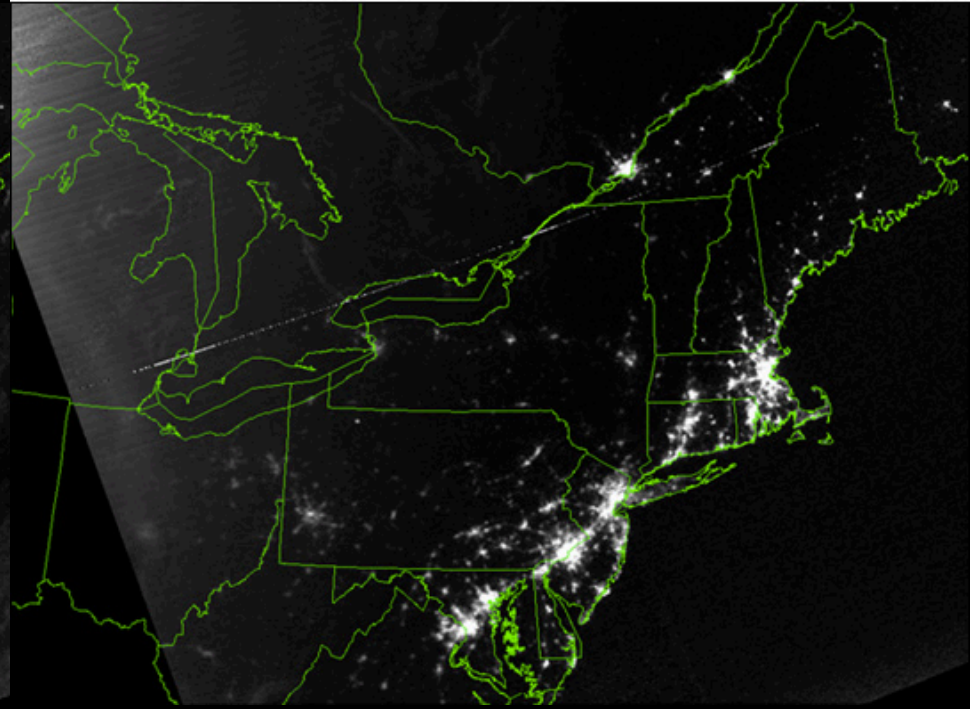
VULNERABILIDAD DEBIDA A LA INTERCONECTIVIDAD

UNA SIMPLE HISTORIA (2): Apagón del 15 de Agosto de 2003.

Robustez de un sistema complejo



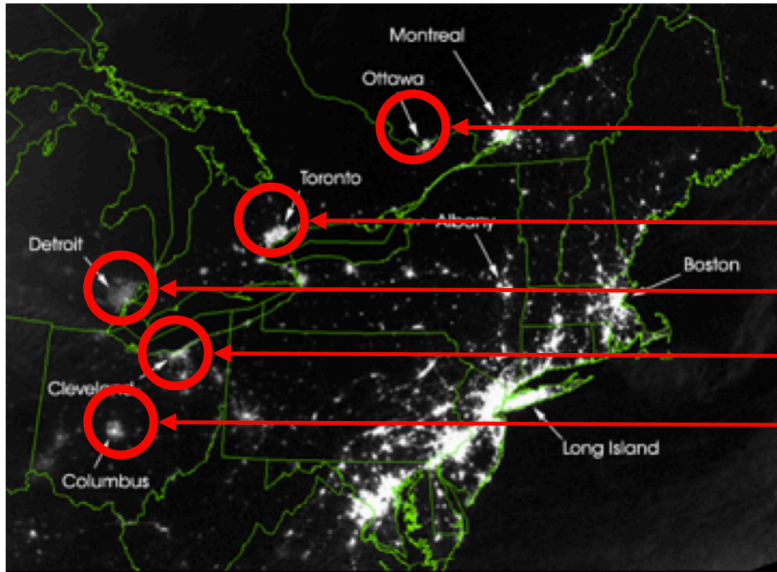
Agosto 14, 2003: 9:29pm EDT
20 horas antes



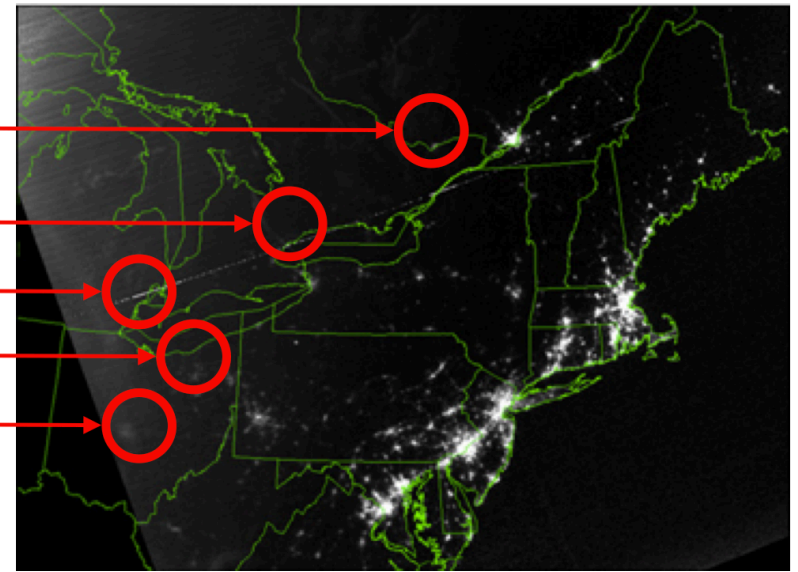
Agosto 15, 2003: 9:14pm EDT
7 horas después

August 15, 2003 Northeast Blackout

Cascade Failure



August 14, 2003: 9:29pm EDT
20 hours before



August 15, 2003: 9:14pm EDT
7 hours after

UNA SIMPLE HISTORIA (2): Apagón del 15 de Agosto 15 de 2003.

Un importante tópico en Network Science:

- Entender cómo la estructura de las redes afecta la robustez de un Sistema complejo.
- Desarrollar herramientas cuantitativas para evaluar la interacción entre la estructura de la red y los procesos dinámicos en las redes, y su impacto en las fallas.
- Las fallas en la realidad siguen leyes reproducibles, que se pueden cuantificar e incluso predecir utilizando las herramientas de la ciencia de redes.

DOS FUERZAS AYUDARON A LA
EMERGENCIA DE NETWORK SCIENCE

¿Por qué no surgió la ciencia de redes doscientos años antes?

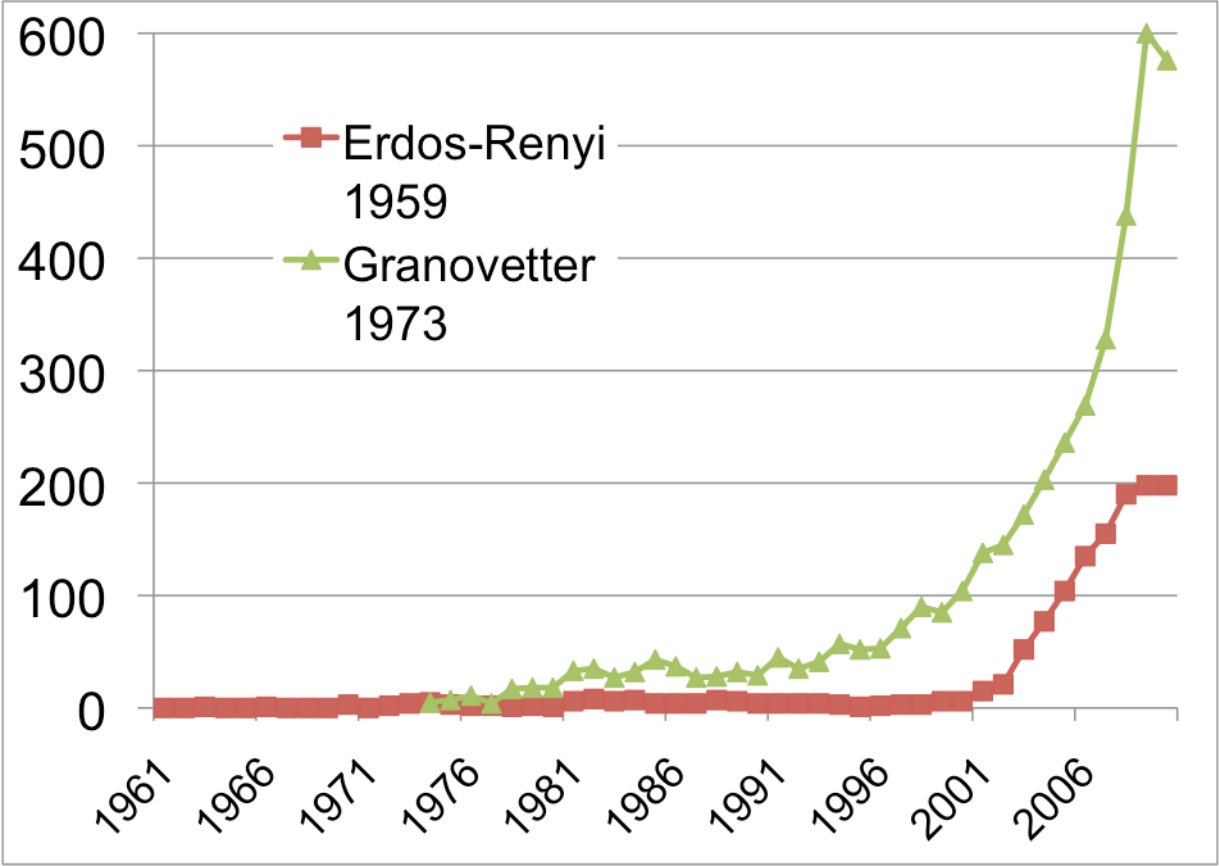
Teoría de grafos: 1735, Euler

Investigación en redes sociales: 1930s, Moreno

Comunicación redes/internet: 1960s

Redes Ecológicas: May, 1979.

LA HISTORIA DEL ANÁLISIS DE REDES



La emergencia de los mapas de redes

Red de actores (películas), 1998;

World Wide Web, 1999.

C. elegans diagrama de cableado neural 1990

Red de Citaciones, 1998

Red metabólica, 2000;

Red de interacción proteína-proteína (PPI), 2001

La universalidad de las características de las redes:

La arquitectura de las redes que emergen en varios dominios de la ciencia, la naturaleza y la tecnología son más similares entre sí de lo que uno hubiera esperado.

Conjunto de herramientas matemáticas común



LAS CARACTERÍSTICAS DE LA CIENCIA DE REDES

Interdisciplinaria

Empírica

Cuantitativa y Matemática

Computacional

THE CHARACTERISTICS OF NETWORK SCIENCE

Interdisciplinaria

Empírica, data-driven

Cuantitativa y Matemática

Computacional

THE CHARACTERISTICS OF NETWORK SCIENCE

Interdisciplinaria

Empírica

Cuantitativa y Matemática

Computacional

THE CHARACTERISTICS OF NETWORK SCIENCE

Interdisciplinaria

Empírica

Cuantitativa y Matemática

Computacional

EL IMPACTO DE LA CIENCIA DE REDES

IMPACTO ECONÓMICO



Google
Market Cap (Jan 1, 2010):
\$189 billion

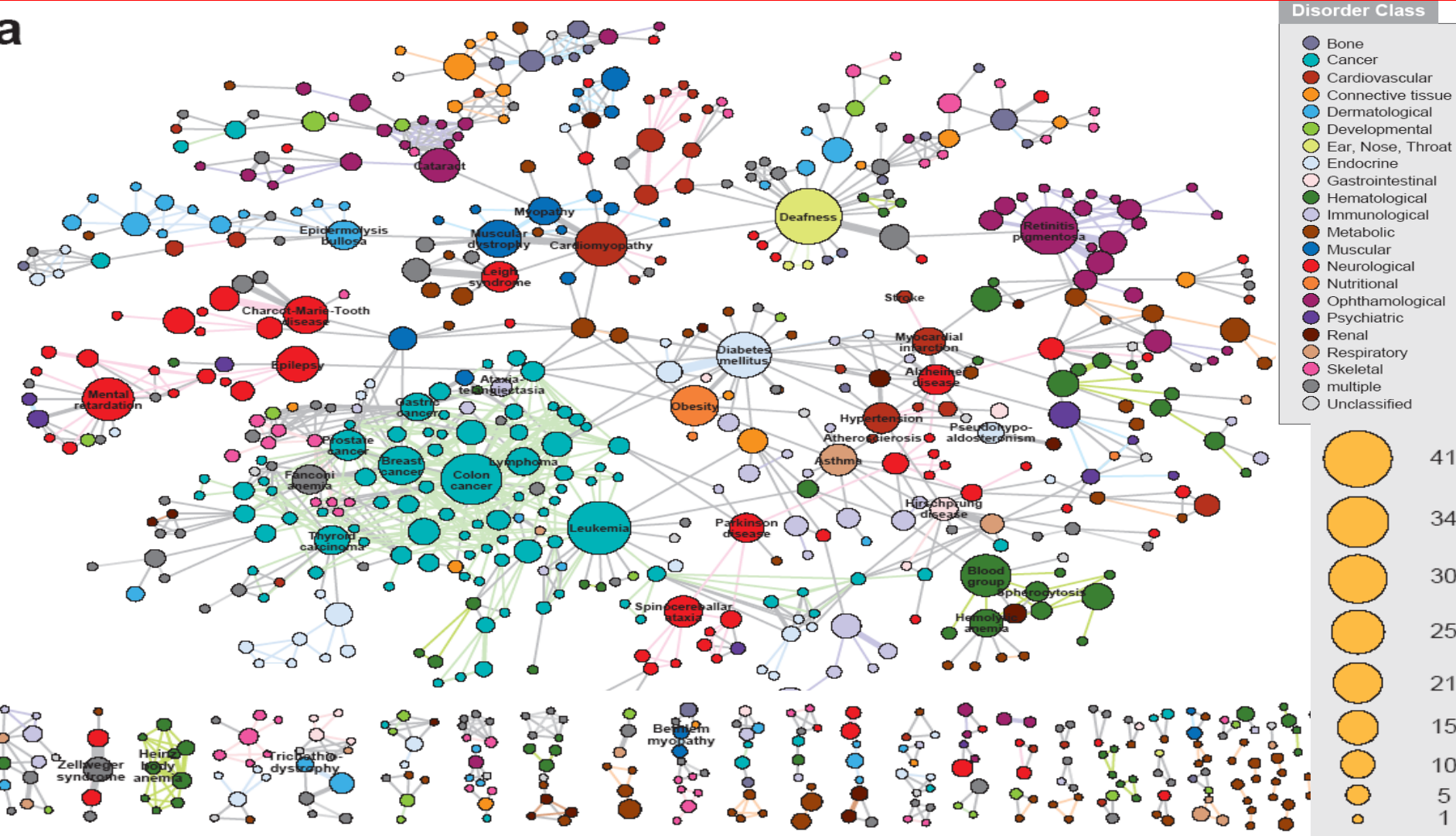
Cisco Systems
networking gear Market
cap (Jan 1, 2010):
\$112 billion

Facebook
market cap:
\$50 billion

www.bizjournals.com/austin/news/2010/11/15/facebook... - Cached

RED DE ENFERMEDADES HUMANAS

a



Network Biology/Network Medicine

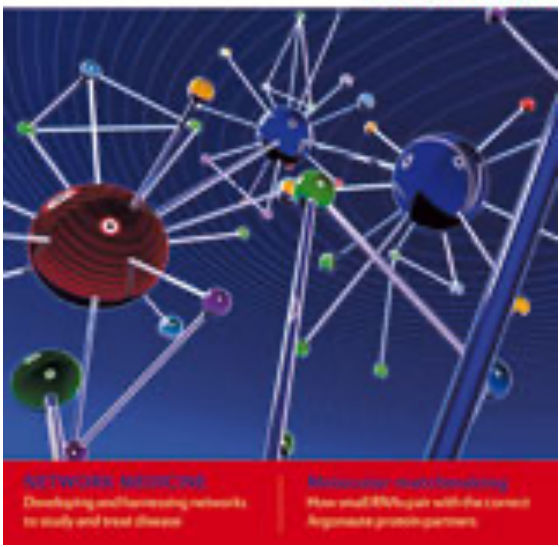
nature
REVIEWS

GENETICS



nature
REVIEWS

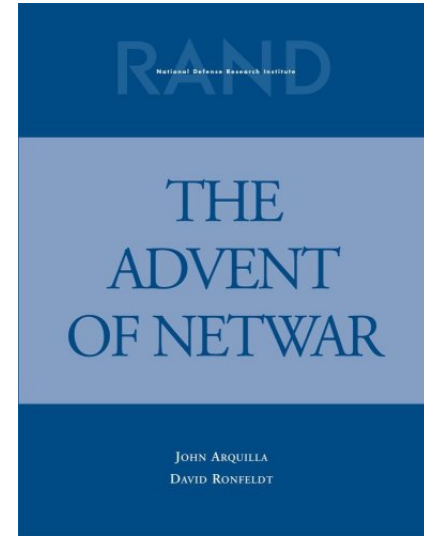
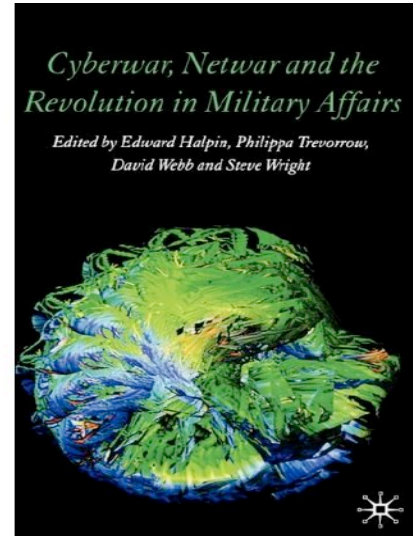
GENETICS



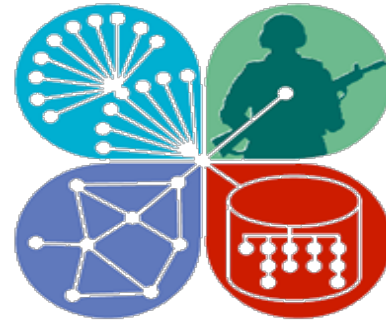
LUCHA CONTRA EL TERRORISMO.



<http://www.slate.com/id/2245232>

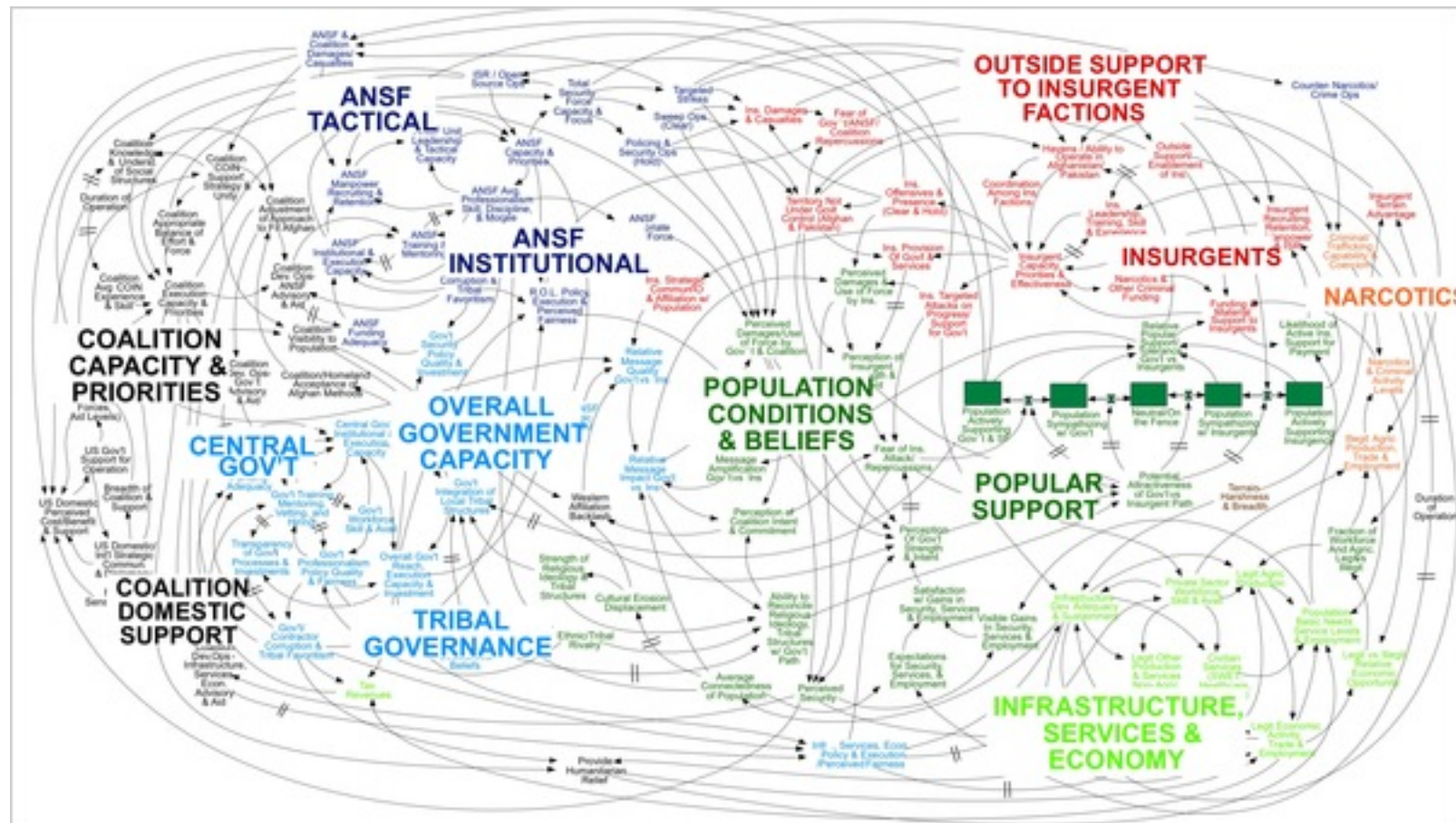


Network Science Center
West Point 



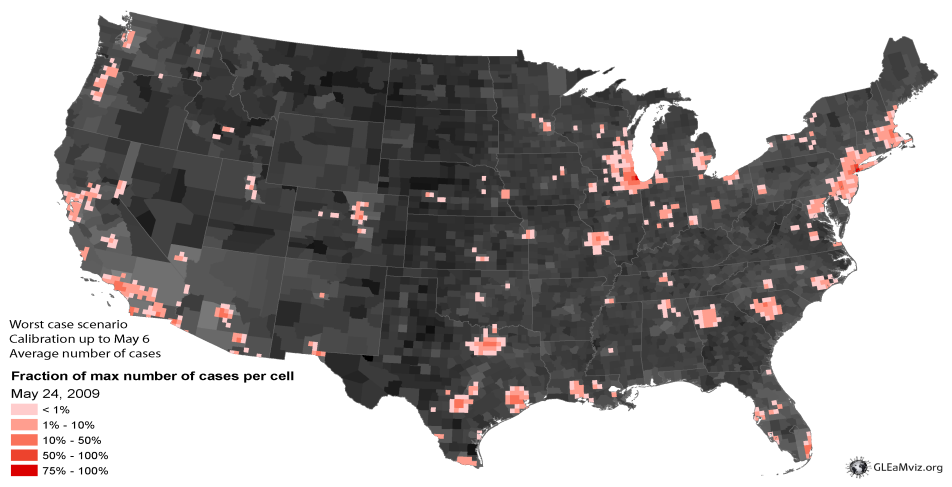
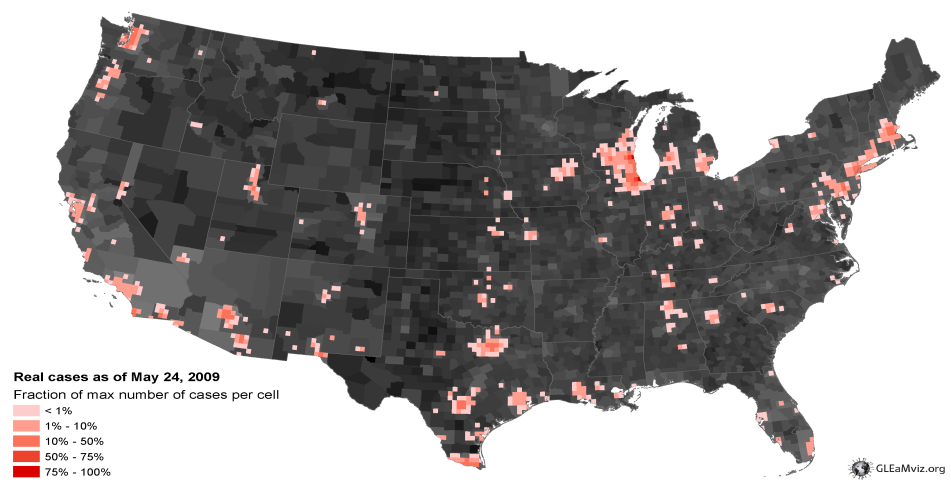
<http://www.ns-cta.org/ns-cta-blog/>

La red detrás de un combate militar



Real

Projected



The effect of travel restrictions on the spread of the 2019 novel coronavirus (COVID-19) outbreak

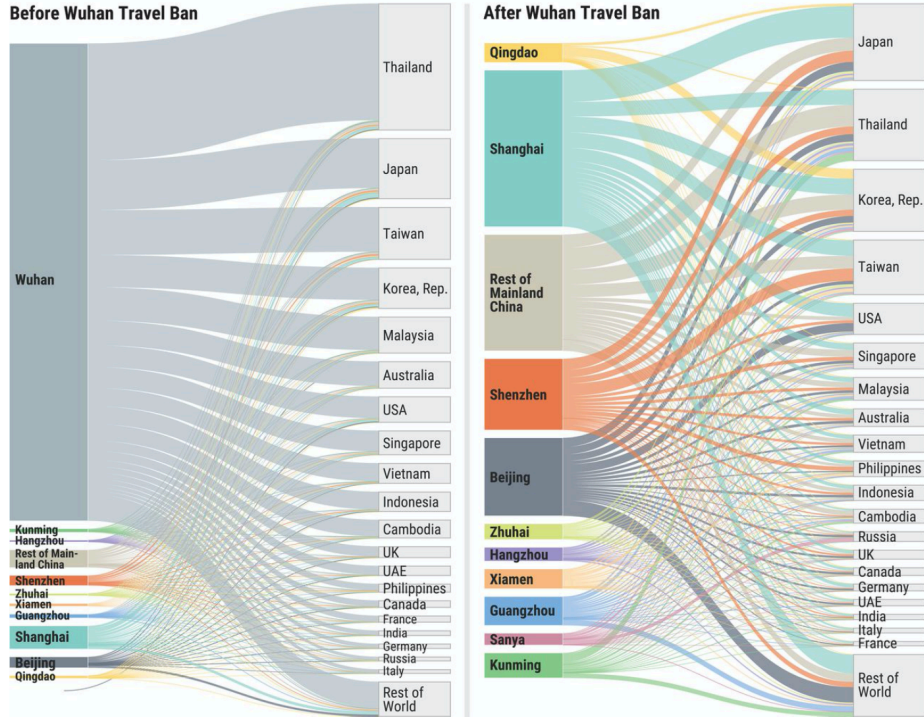
MATTEO CHINAZZI ^{ID}, JESSICA T. DAVIS, MARCO AJELLI, CORRADO GIOANNINI, MARIA LITVINOVA ^{ID}, STEFANO MERLER, ANA PASTORE Y PIONTTI, KUNPENG MU,

LUCA ROSSI, [...], AND ALESSANDRO VESPIGNANI ^{ID} [+6 authors](#) [Authors Info & Affiliations](#)

infections projected



change in relative risk by country after travel ban

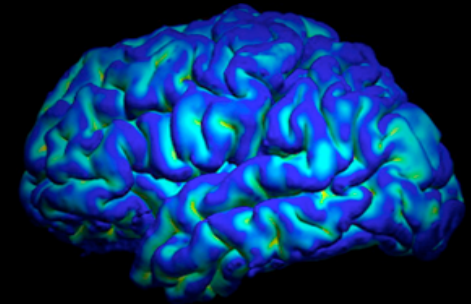
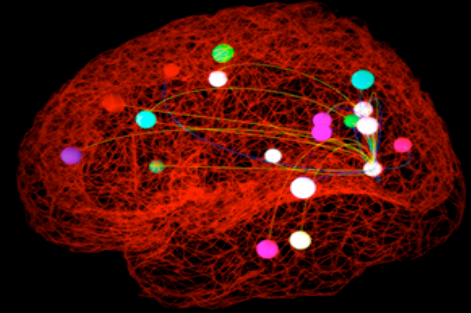


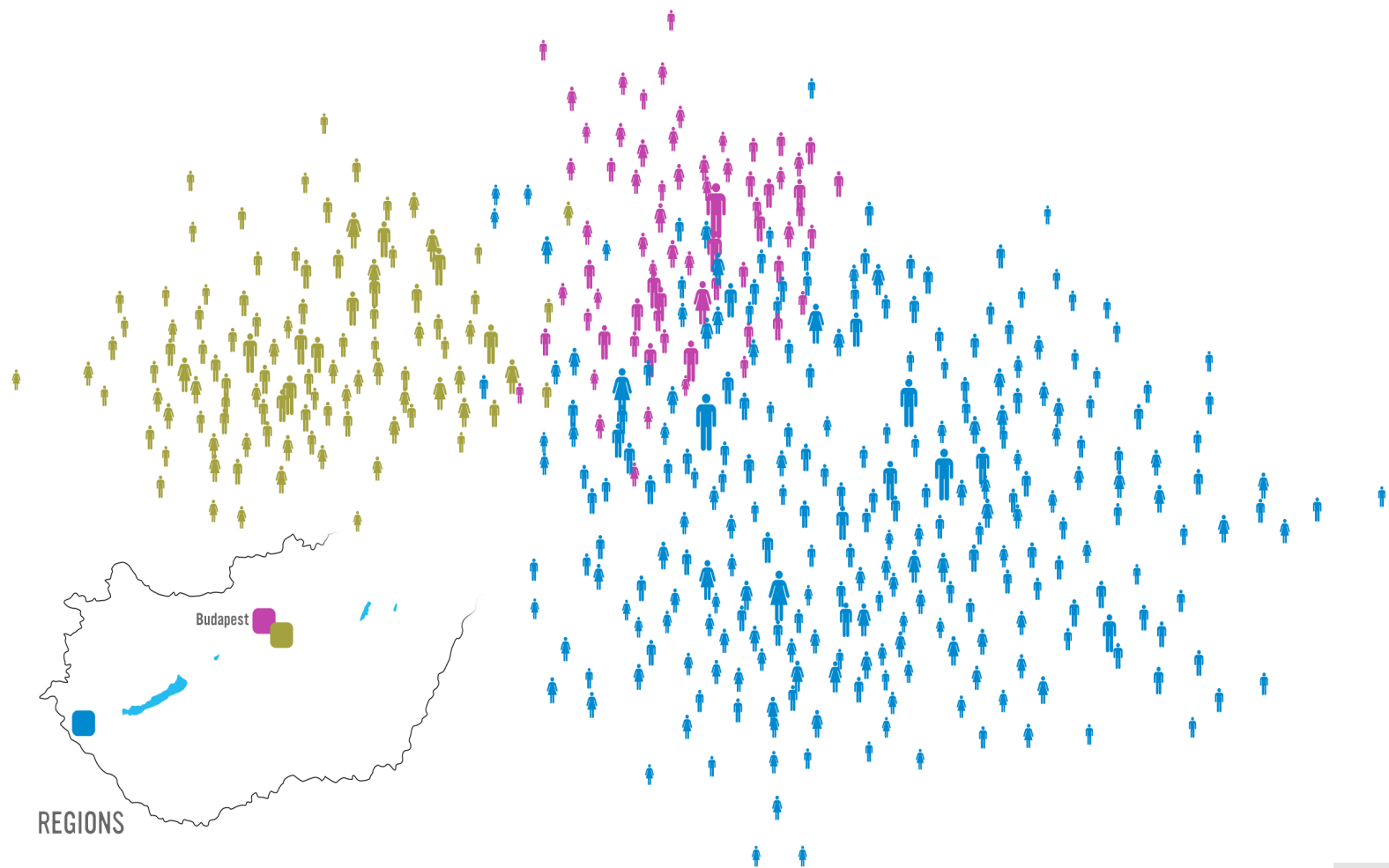
INVESTIGACIÓN CEREBRAL (NEUROCIENCIA)

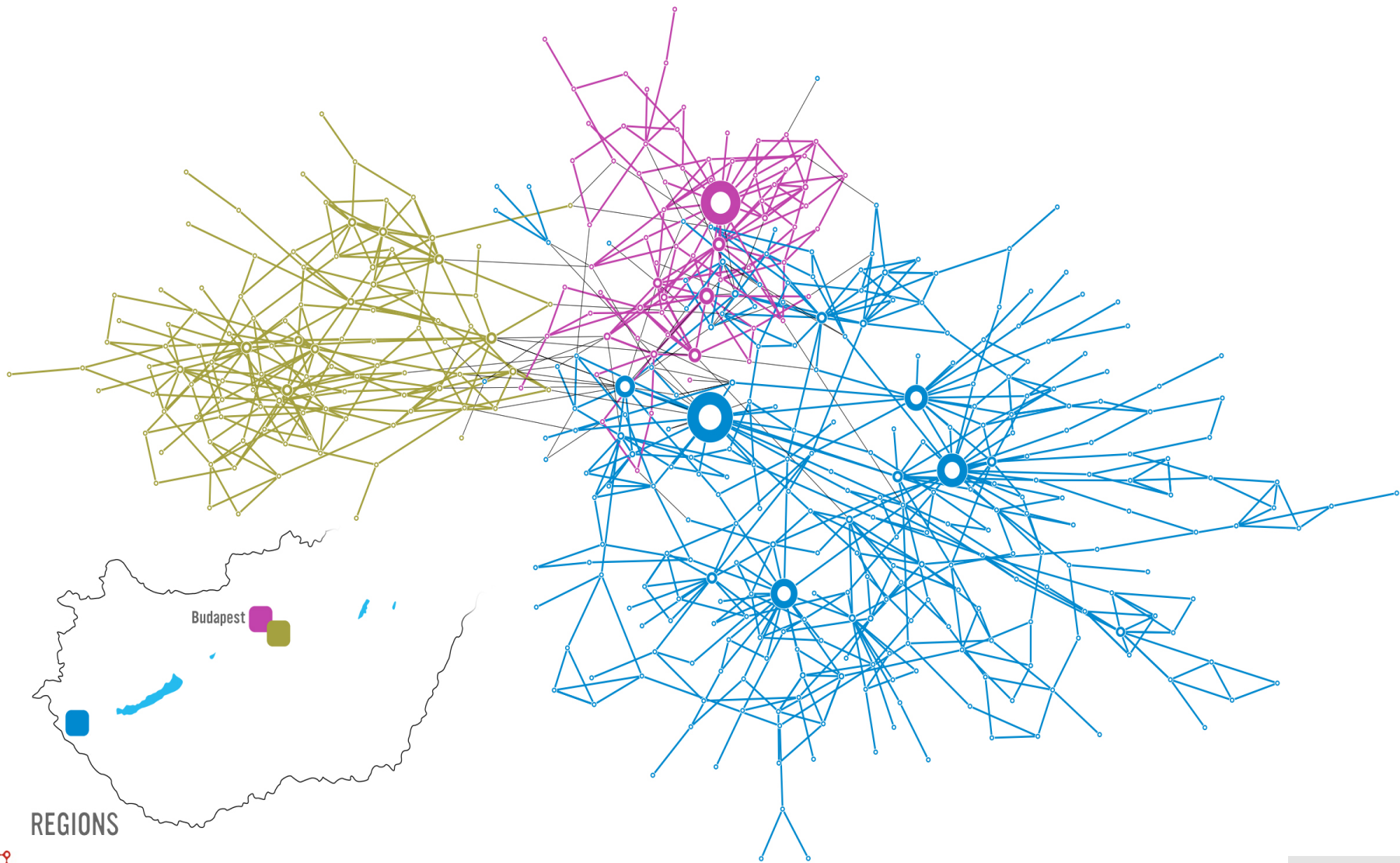
En septiembre de 2010, los Institutos Nacionales de Salud otorgaron \$ 40 millones a investigadores de Harvard, la Universidad de Washington en St. Louis, la Universidad de Minnesota y UCLA, para desarrollar las tecnologías que podrían mapear sistemáticamente los circuitos cerebrales.

The Human Connectome Project (HCP) con el ambicioso objetivo de construir un mapa de las conexiones neuronales funcionales y estructurales completas in vivo dentro y entre los individuos.

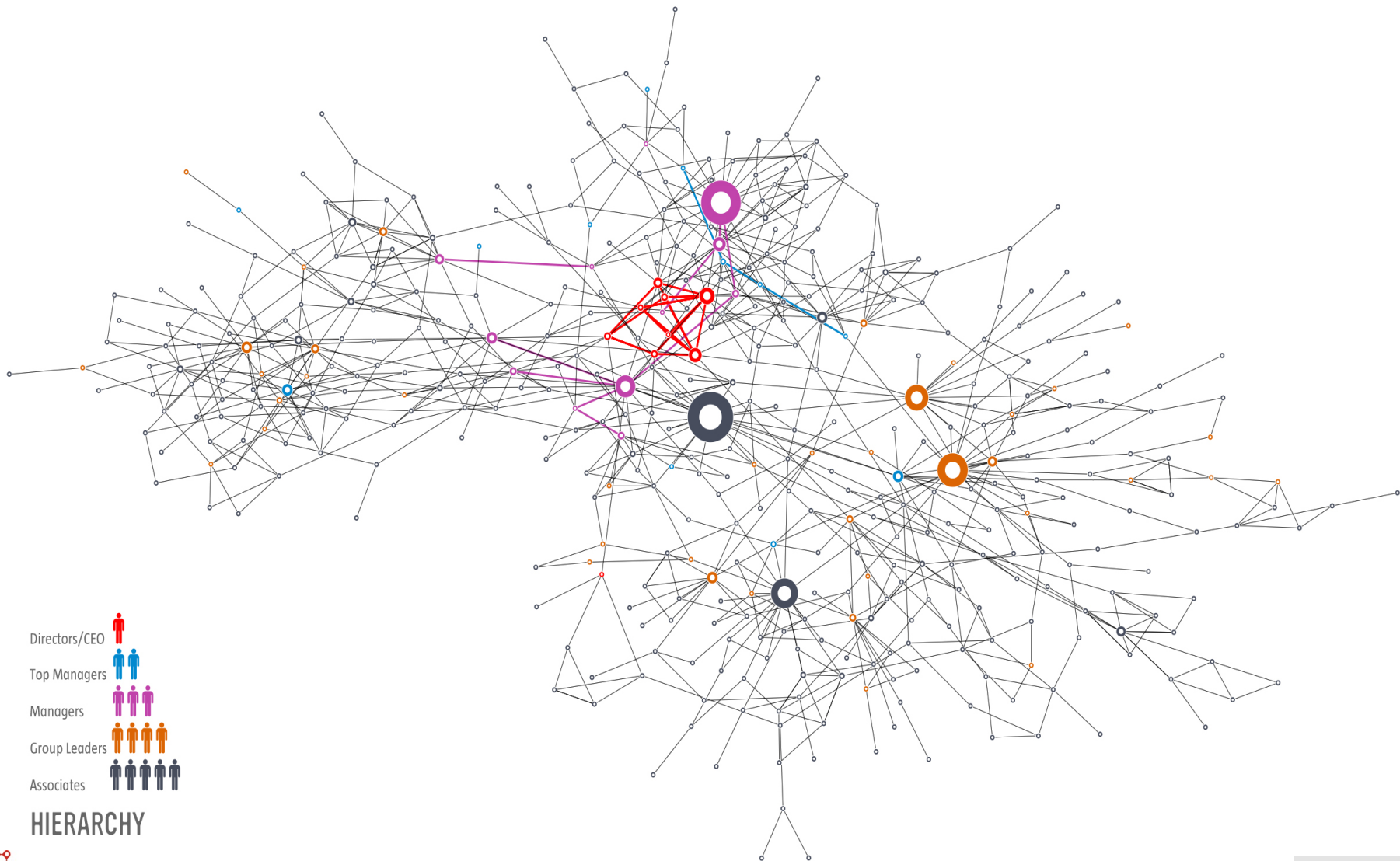
<http://www.humanconnectomeproject.org/overview/>





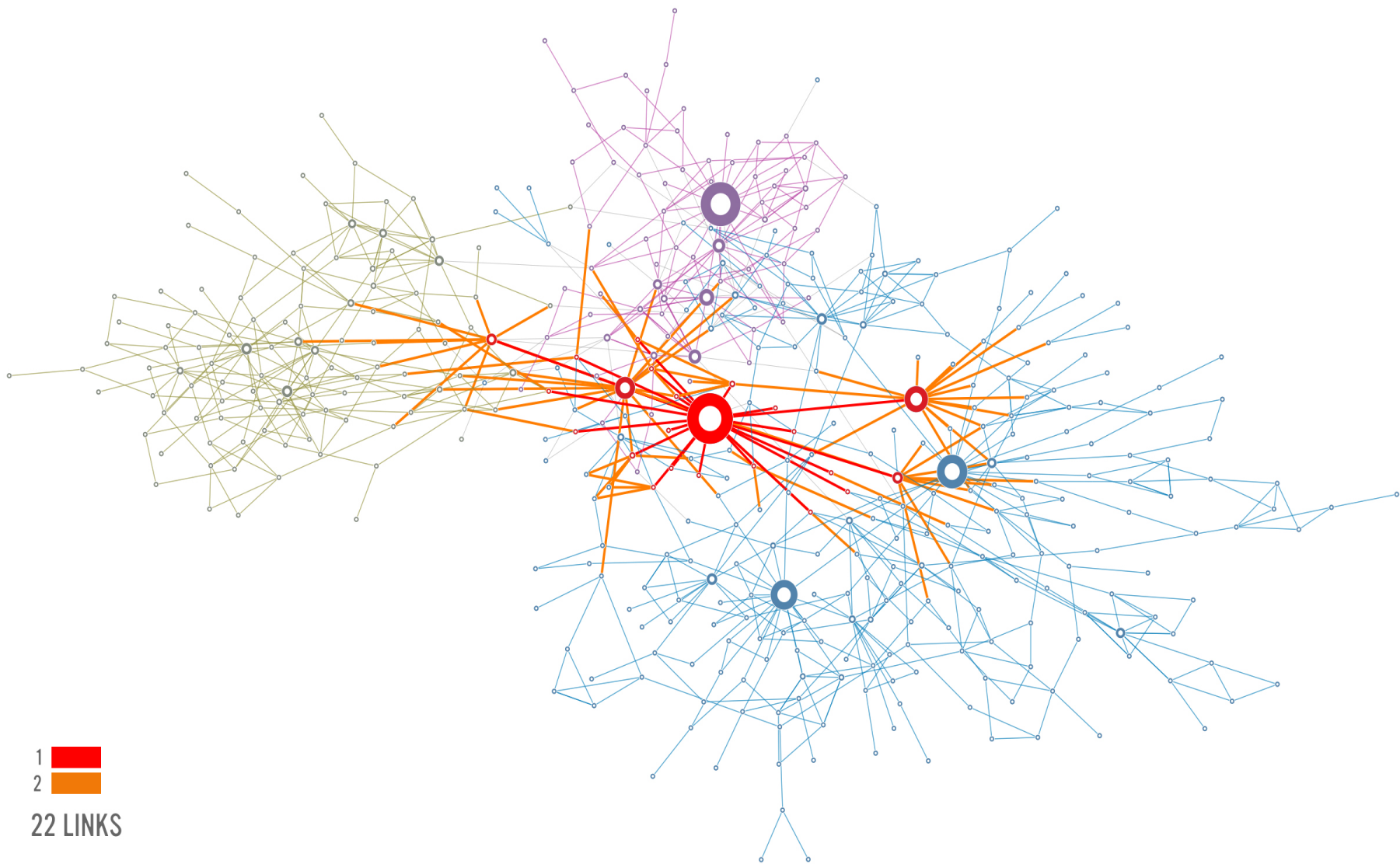


REGIONS



- Directors/CEO
- Top Managers
- Managers
- Group Leaders
- Associates

HIERARCHY



1 
2 

22 LINKS

Modified and Non-Anonymous Prisoner's Dilemma for Mapping Cooperative Networks in Elementary Education

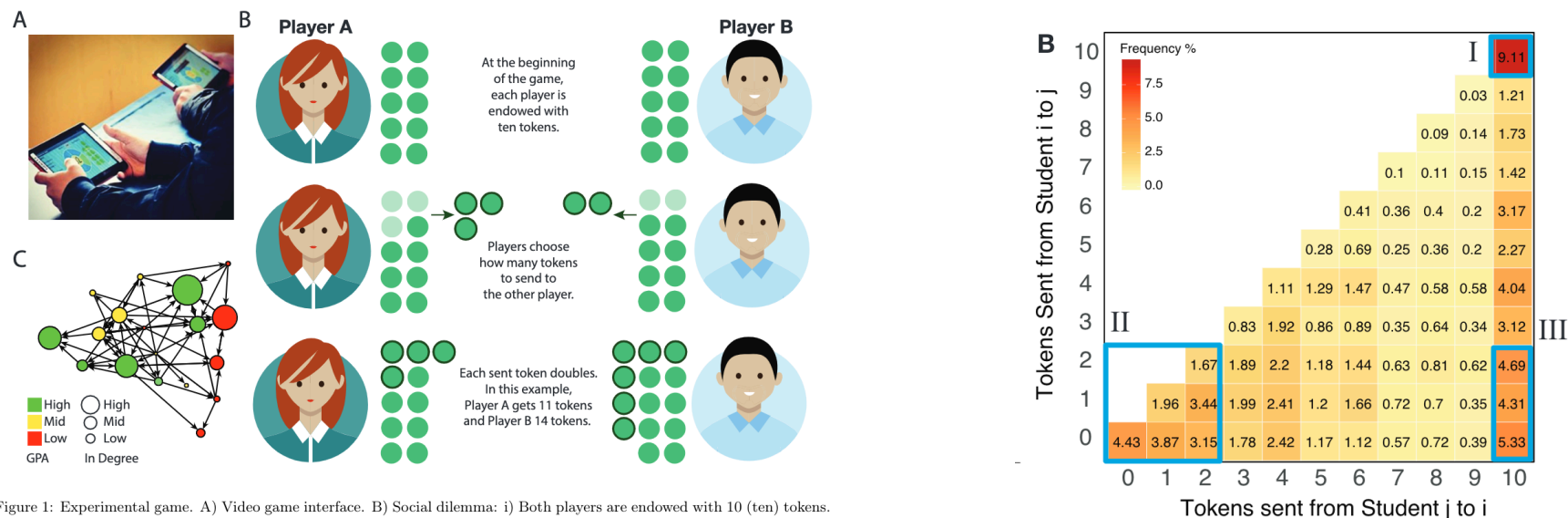
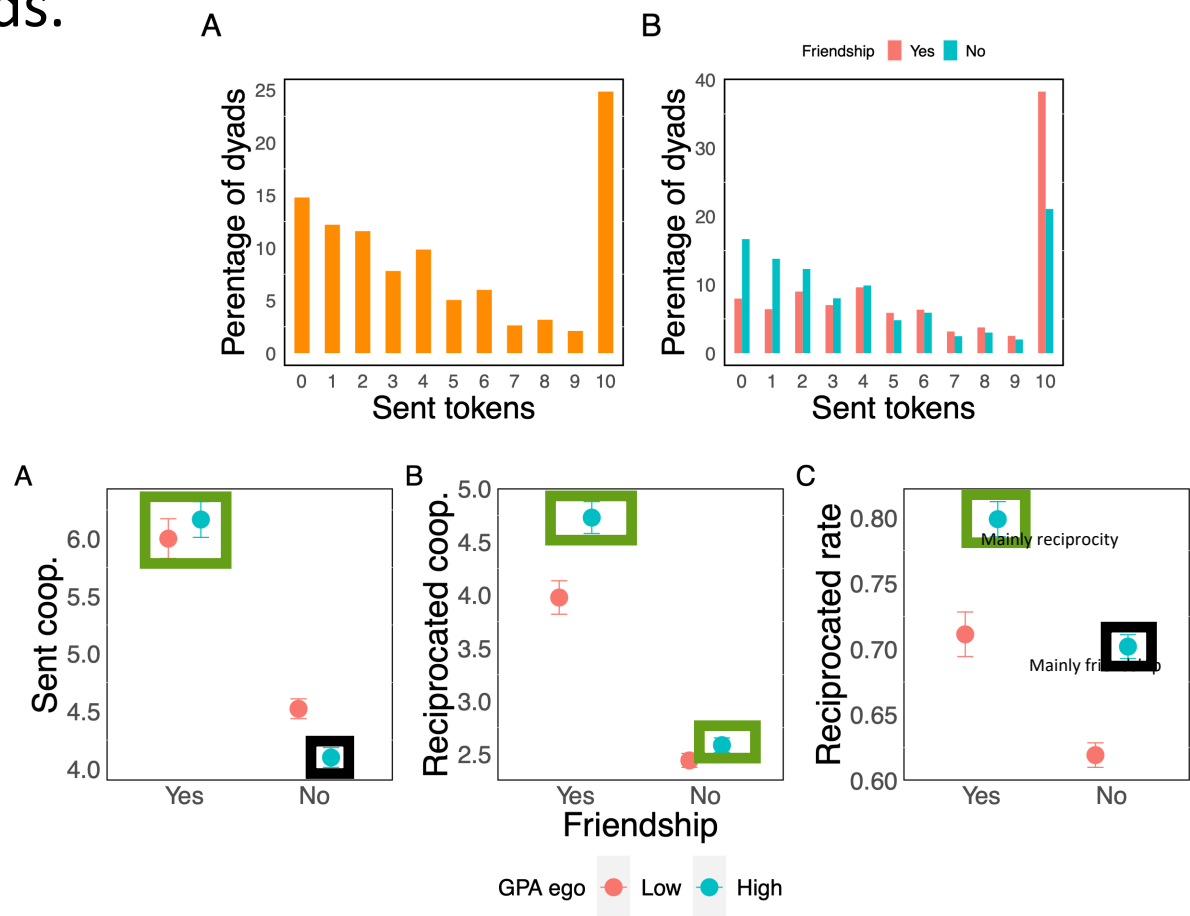
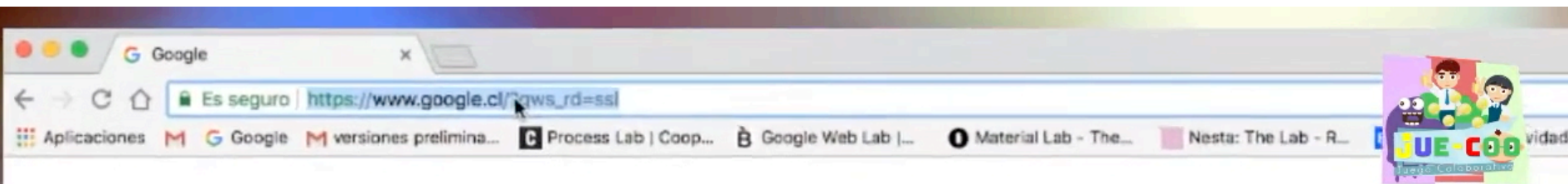


Figure 1: Experimental game. A) Video game interface. B) Social dilemma: i) Both players are endowed with 10 (ten) tokens. ii) Simultaneously, player A decides to send 3 (three) tokens, and player B decides to send 2 (two) tokens. iii) Sent tokens are doubled. iv) Player A receives 4 (four) tokens and player B receives 6 (six) tokens. C) Students' network, edges represent fully cooperative interactions.

+1400 children between 8 and 10 years old

High GPA children tend to be less cooperative with their non-friends.





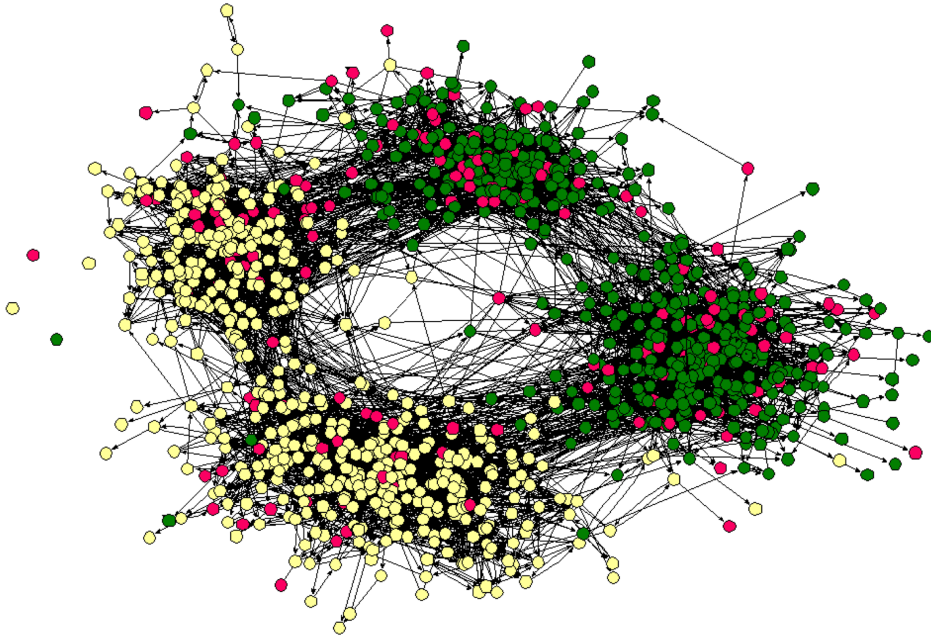
**INGRESA A LA PÁGINA WEB
WWW.JUECOO.UDD.CL**

Buscar con Google

Me siento con s

Ofrecido por Google en: Español (L





Red social

Las relaciones identifican la amistad entre los estudiantes de una escuela secundaria

Los colores identifican a los estudiantes por raza

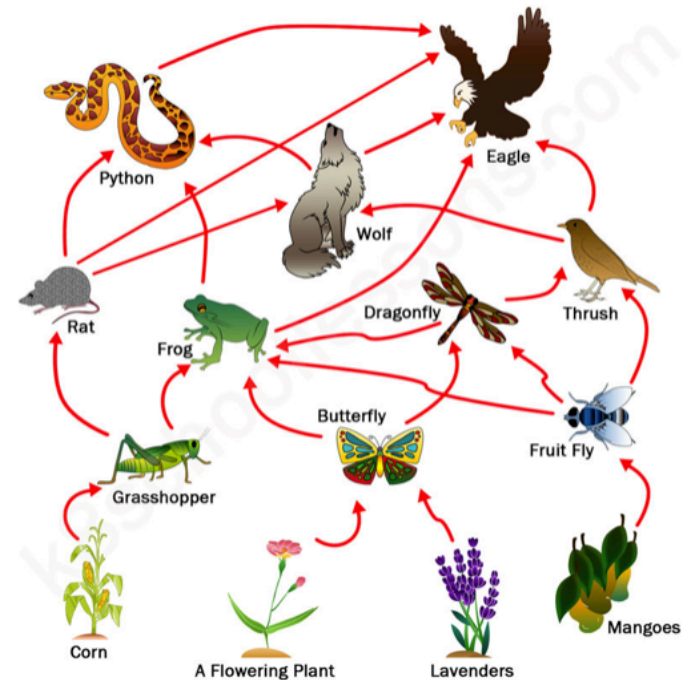
Moody, James. "Race, school integration, and friendship segregation in America." *American journal of Sociology* 107.3 (2001): 679-716.

Ecological Networks

Food Web:
Who eats Whom?

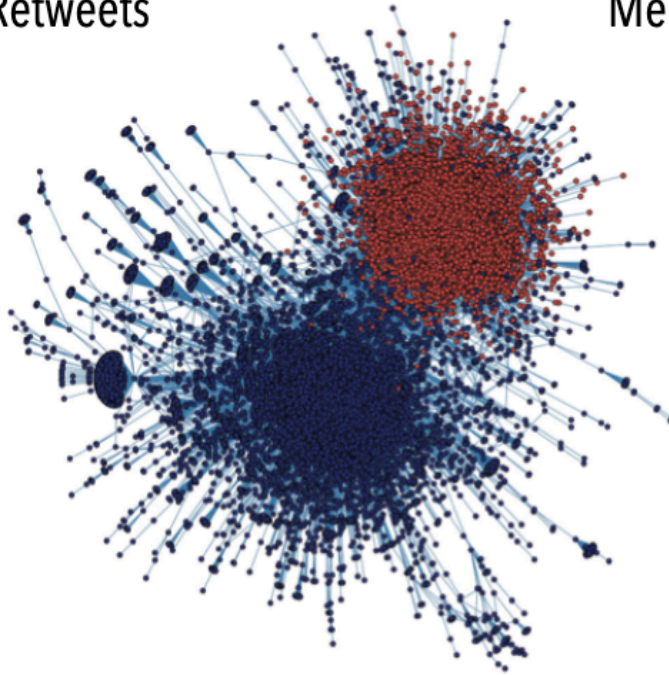


Allesina and Pascual 2009

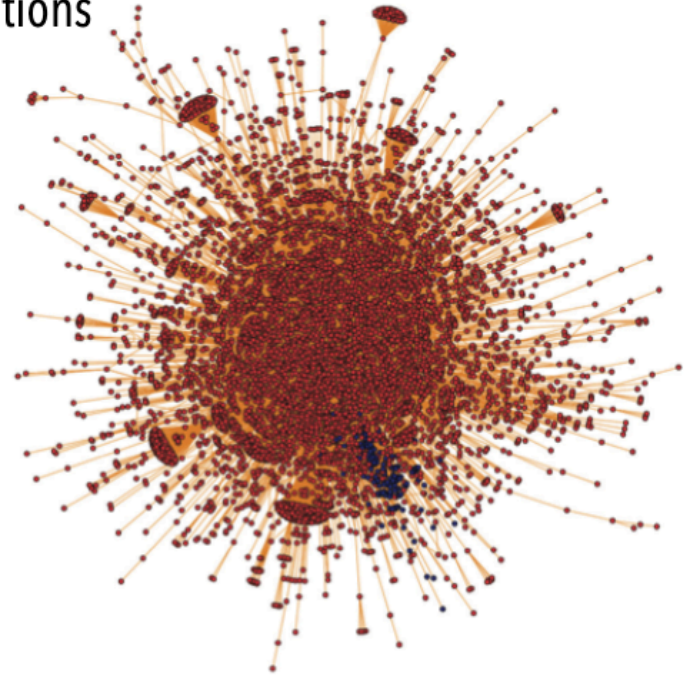


Social Networks - Twitter

Retweets



Mentions



● Republicans ● Democrats

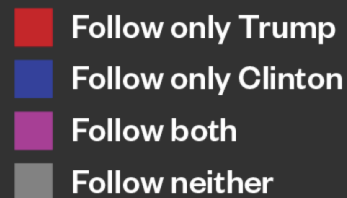
Clinton and Trump supporters live in their own Twitter worlds

Clinton Supporters

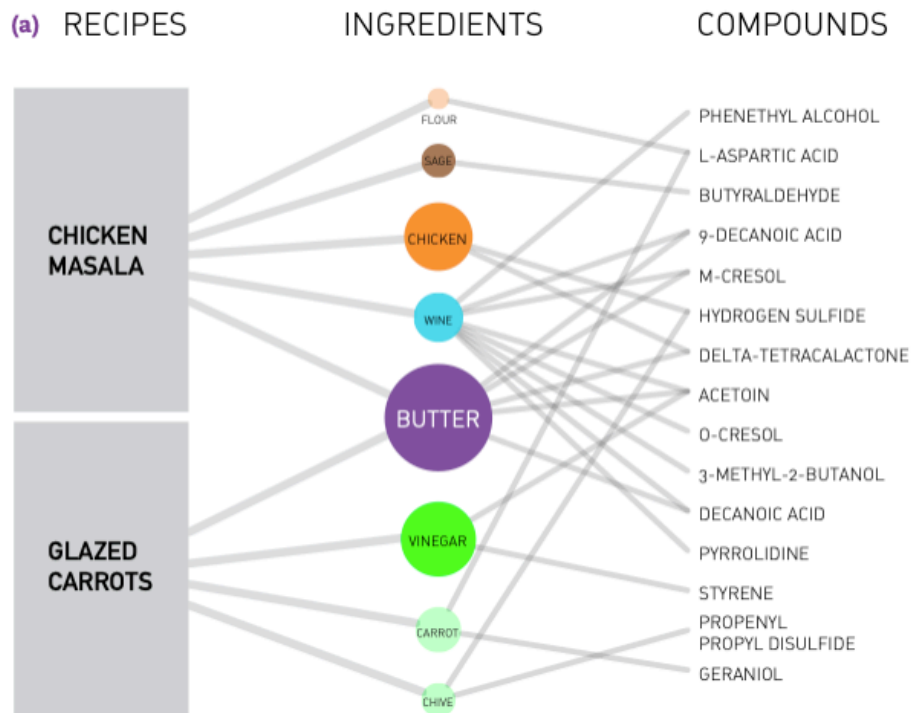
Hillary Clinton supporters in this user group are not as cohesive as Trump supporters and they interact more frequently with users who follow both or neither candidate. They have few mutual follower networks in common with the far-right conservative cluster.

Trump Supporters

This large cluster of Trump supporters on Twitter have little mutual follower overlap with other users and are a remarkably cohesive group. They exist in their own information bubble.

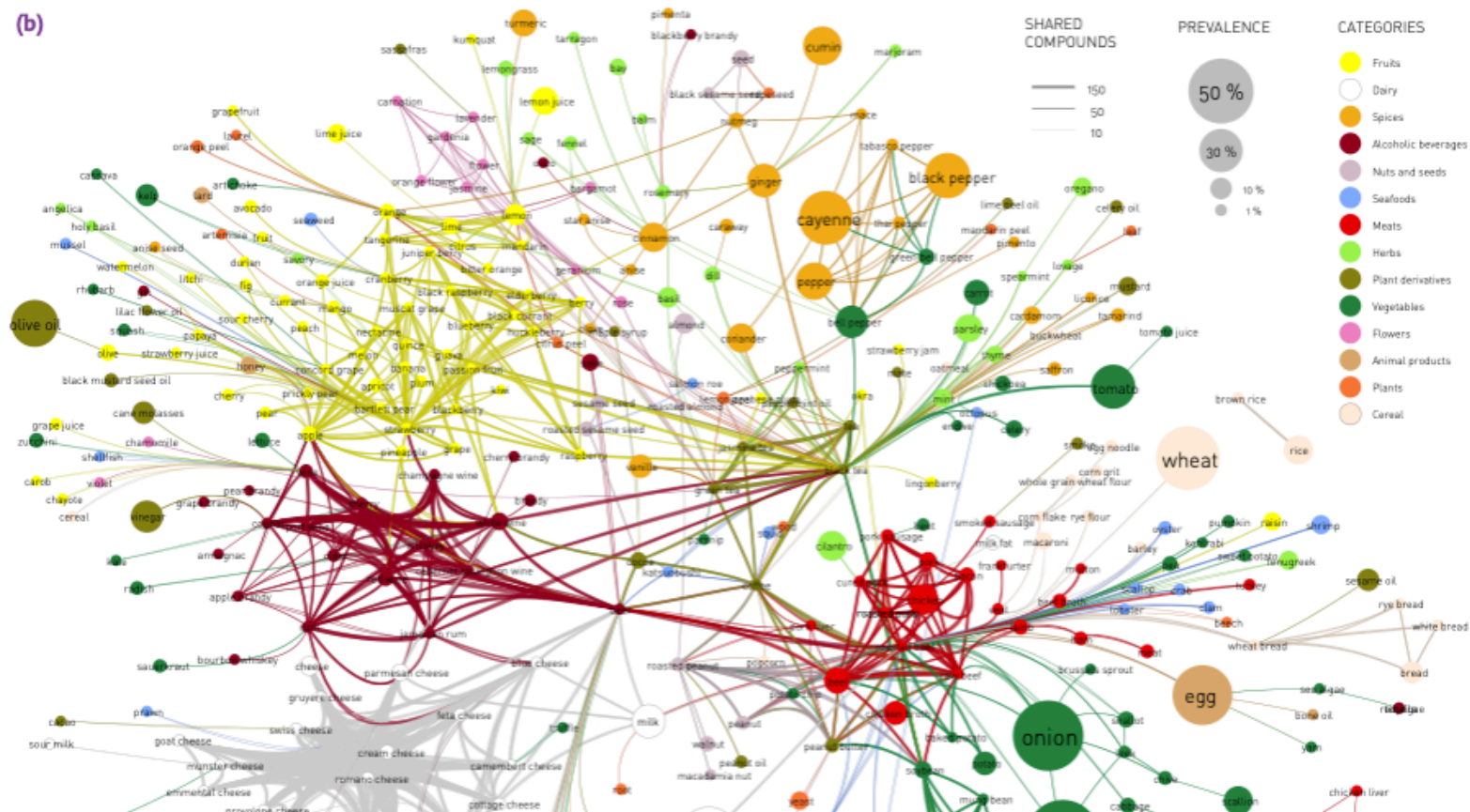


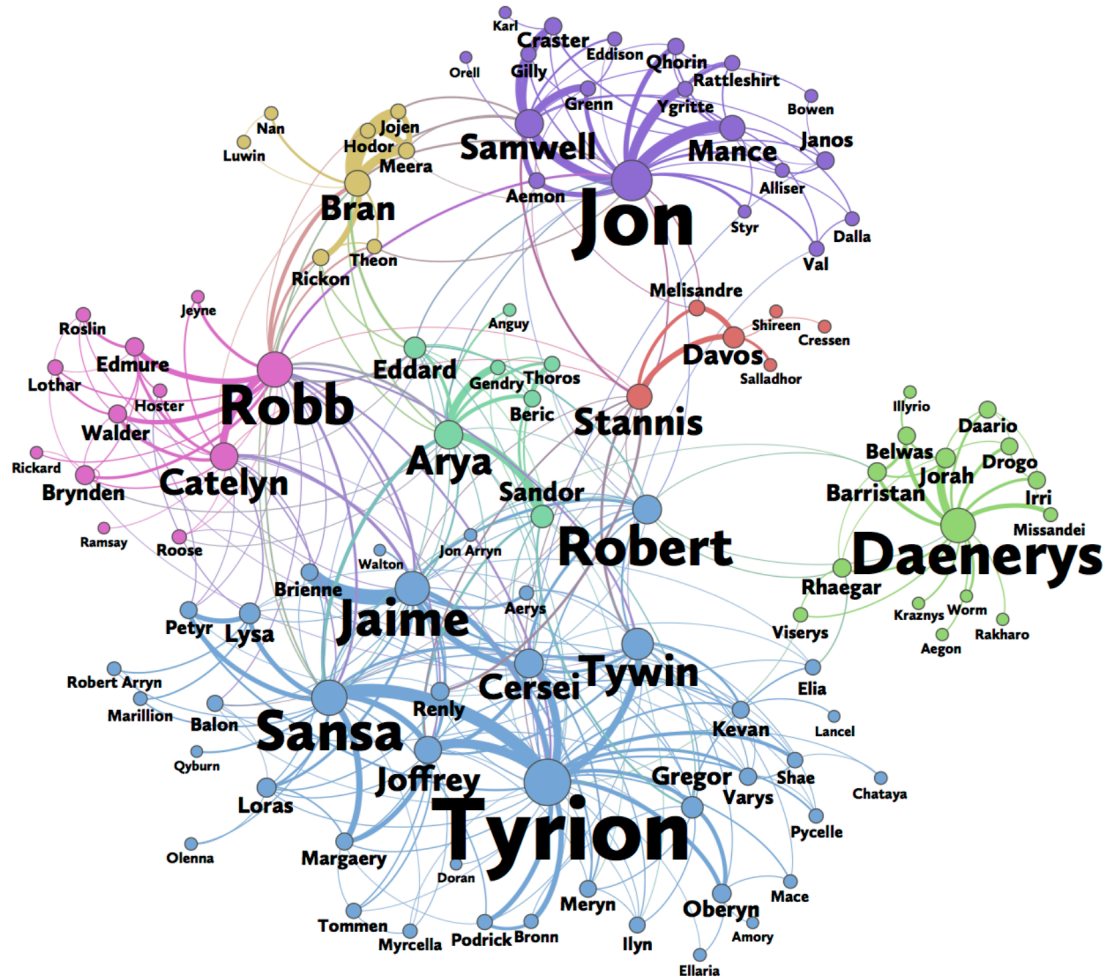
Bipartite Networks



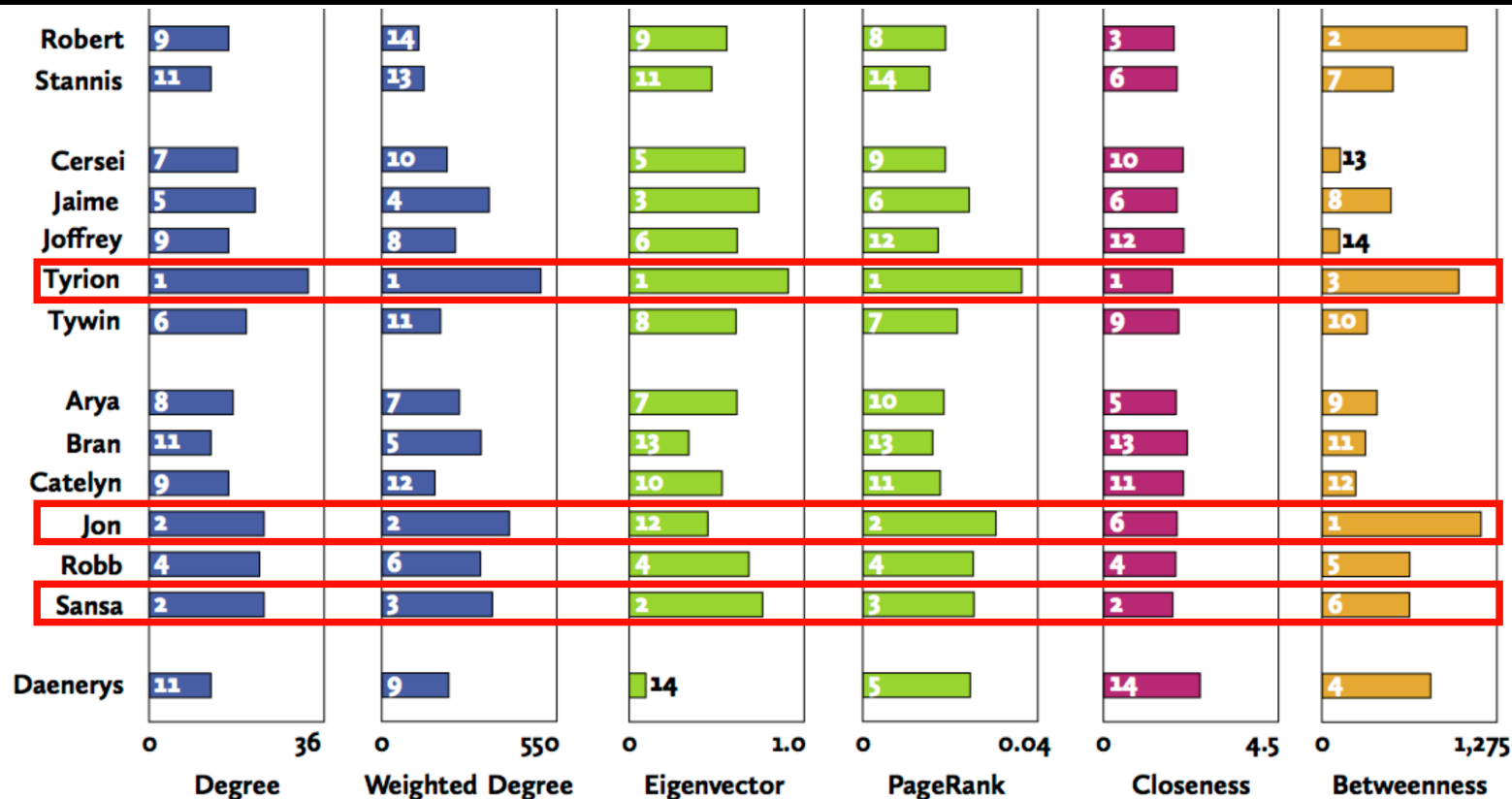
Bipartite Networks

(b)

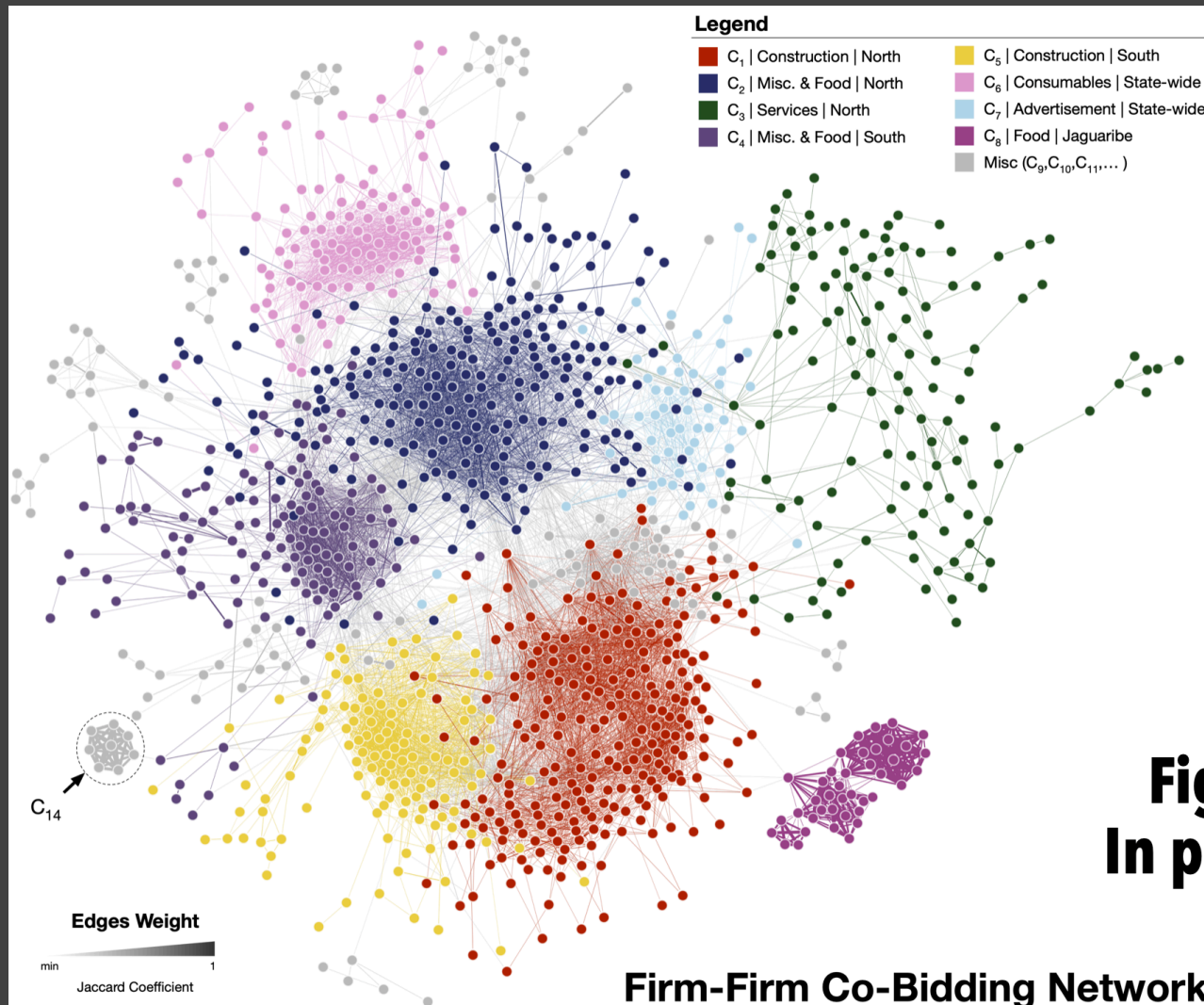




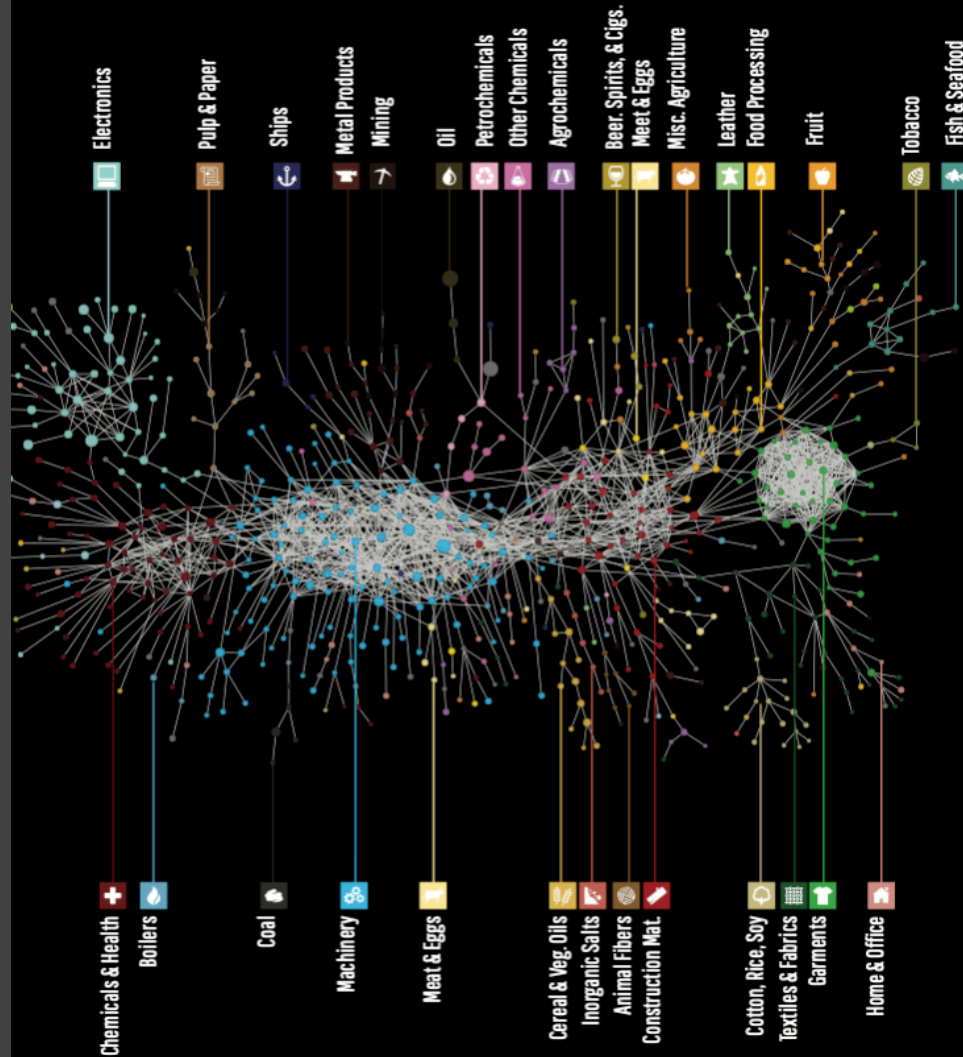
Colours highlight the identified
Network Communities



¿Quién es el personaje más importante?



**Fighting Corruption
In procurement activity**



Product Space

Relates products
that countries export

Hidalgo, César A., et al.
 "The product space conditions the development of nations."
 Science 317.5837 (2007): 482-487.

The Higher Education Space

Lista de Preferencias

1. Medicina
2. Odontología
3. Tecnología Médica
4. Odontología
5. Cs. Físicas y Astronómicas



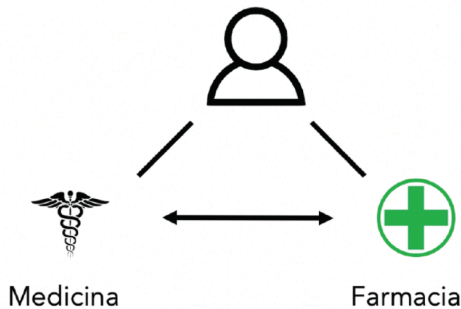
Pares de Carreras

Medicina	Odontología	Odontología	Odontología
Medicina	Tecnología Médica	Odontología	Cs. Físicas y Astronómicas
Medicina	Odonotología	Tecnología Médica	Odontología
Medicina	Cs. Físicas y Astronómicas	Tecnología Médica	Cs. Físicas y Astronómicas
Odontología	Tecnología Médica	Odontología	Cs. Físicas y Astronómicas

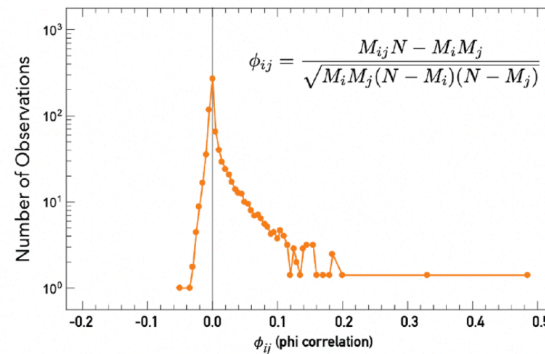
Consideramos todas las preferencias de cada postulantes.
Las preferencias repetidas indican una postulación a dos instituciones de educación superior distintas.

Creamos todos los pares de carreras posibles. Luego, descartamos los que contienen la misma carrera en ambos extremos (color gris).

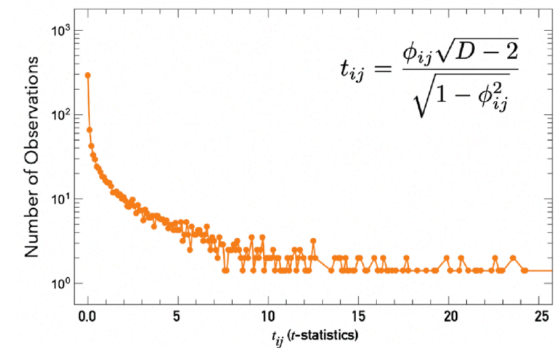
Conectamos carreras que se co-postulan



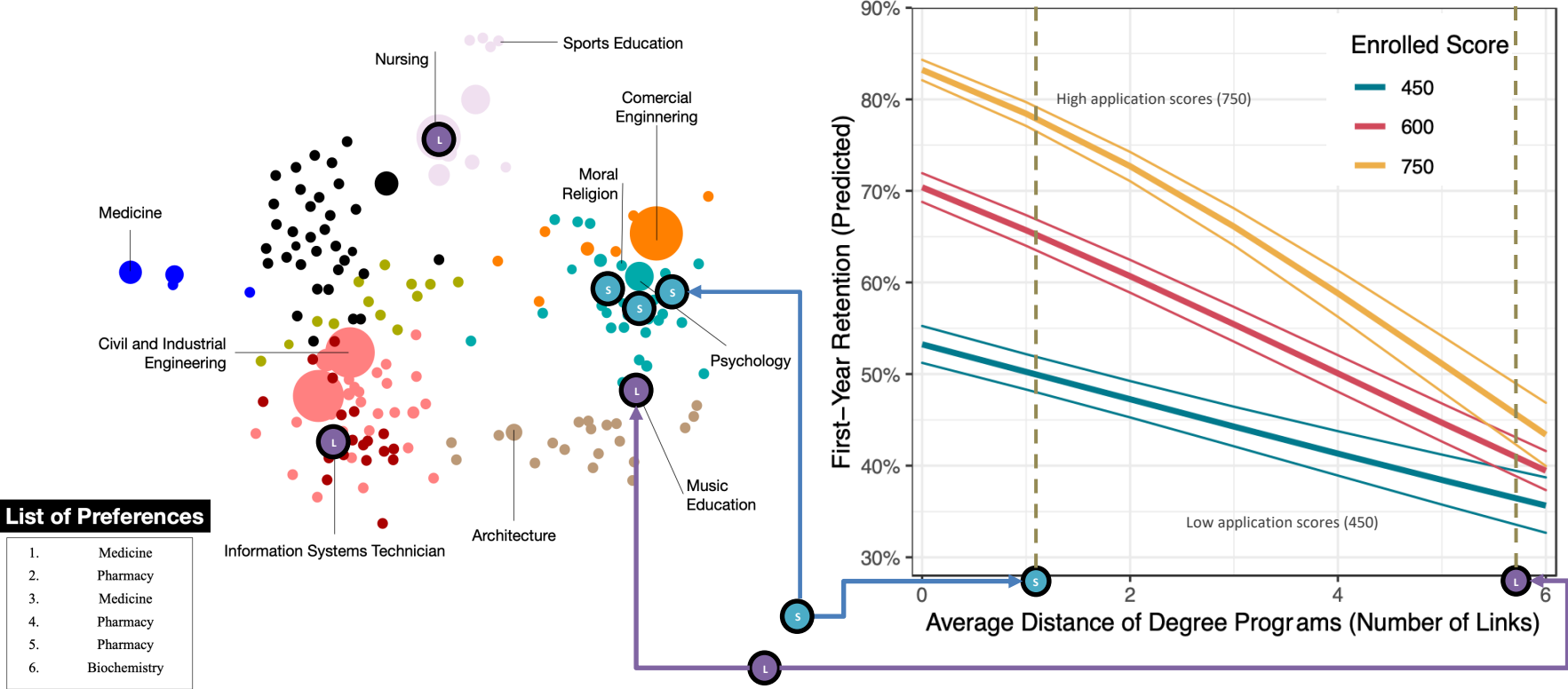
Calculamos la correlación entre carreras

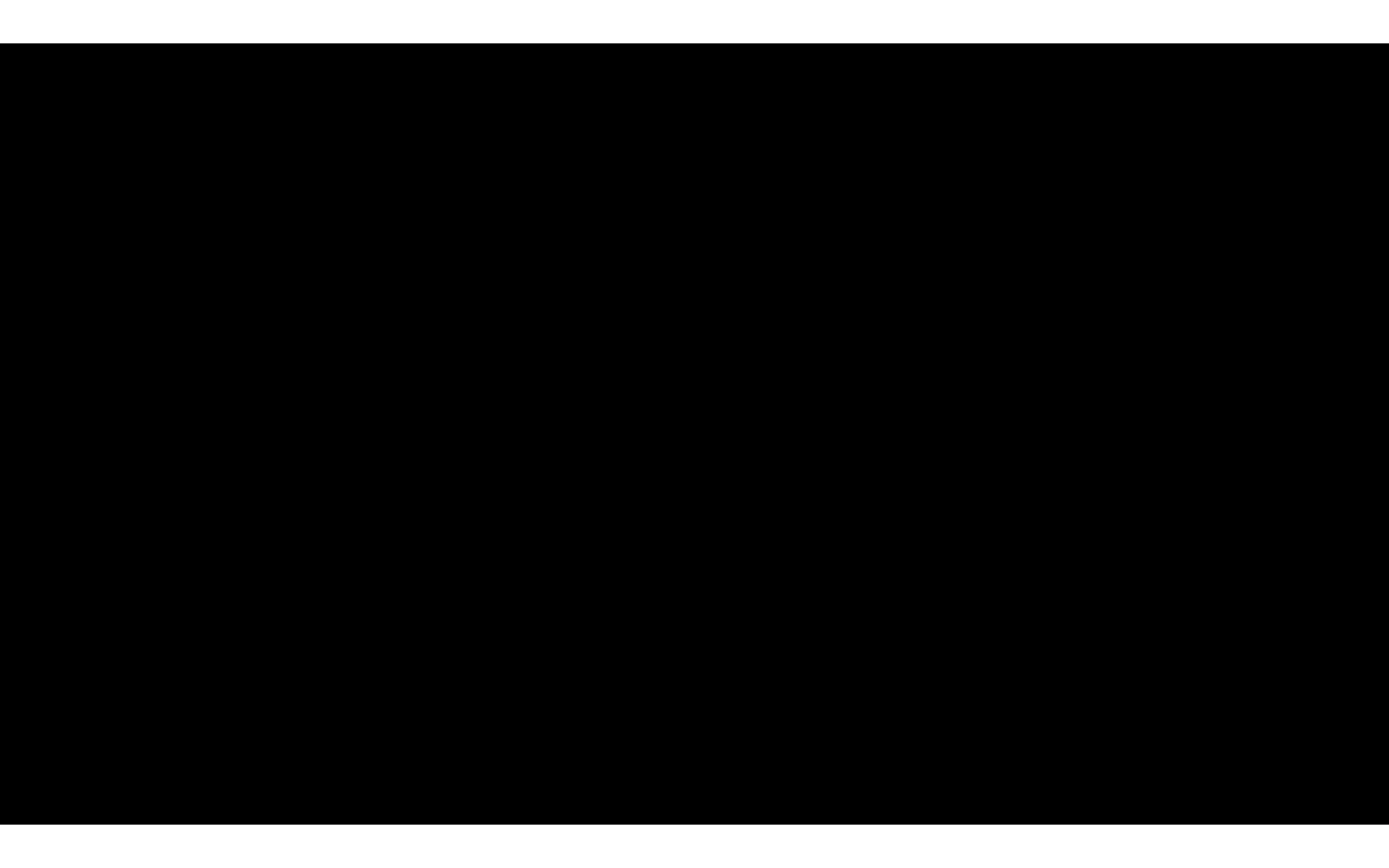


Calculamos la significancia de esas correlaciones

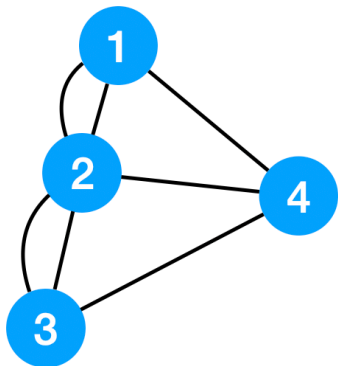


Applicant's inconsistent preferences for degree programs reduce their first-year retention in higher education.

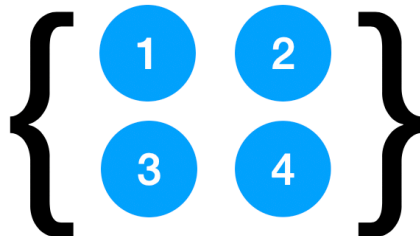




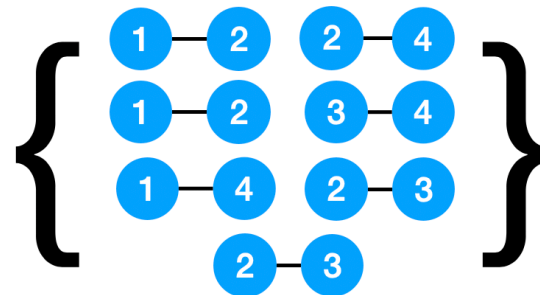
Se ha desarrollado en distintas áreas del conocimiento



=



+



Complex Network
(Physics, Economics, Biology)

Nodes

Links

Graph
(Mathematics, Computer Science)

Vertices

Edges

Social Network
(Sociology, Political Sciences)

Actors

Relationships

Network Science

**Data
Collection**



**Network
Inference**

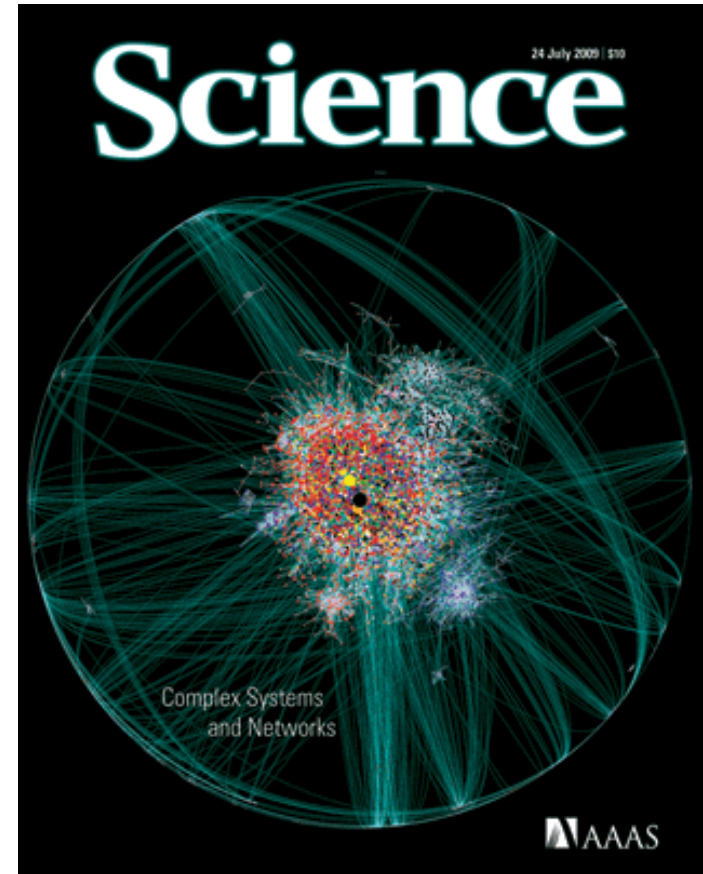


**Network
Analysis**

Historia

- Science:**

Número especial para el décimo aniversario del artículo de Barabasi & Albert 1999.

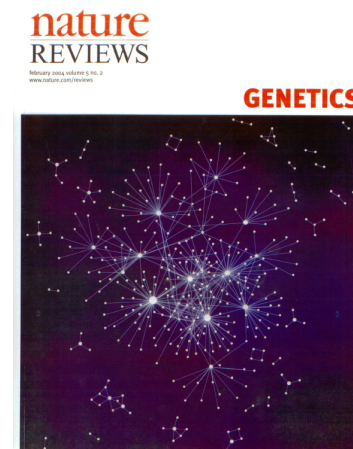
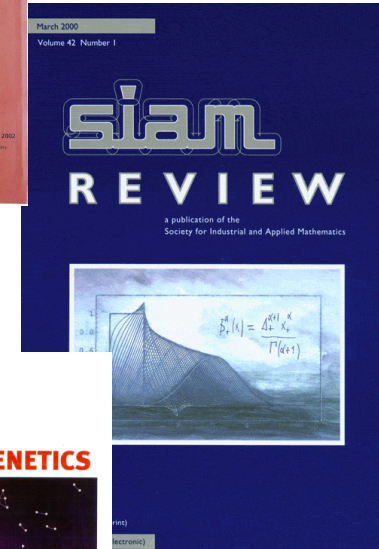
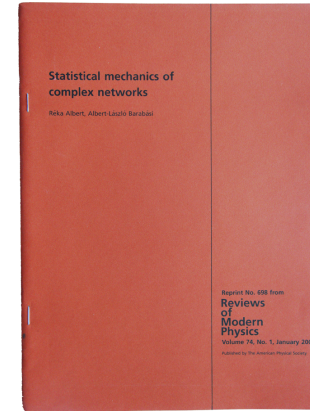


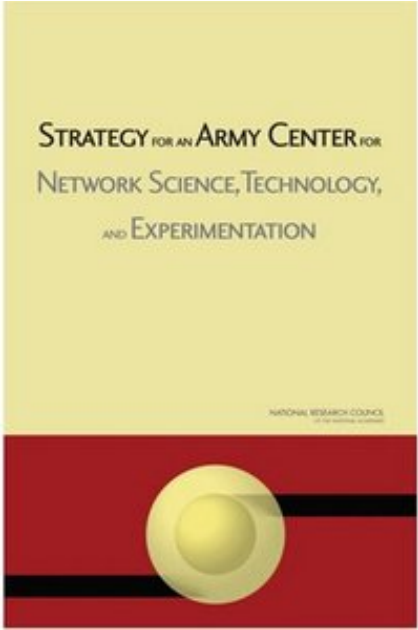
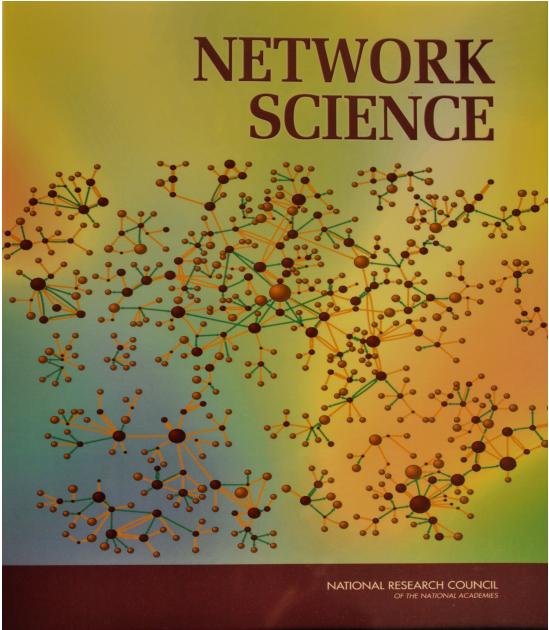
Original papers:

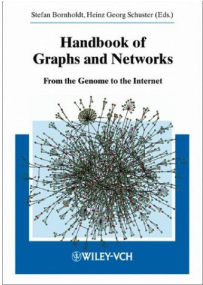
- 1998: artículo de Watts-Strogatz es la publicación **Nature** más citada de 1998; Destacado por ISI como uno de los diez artículos más citados en física en la década posterior a su publicación.
- 1999: El artículo de Barabasi y Albert es el artículo de **Science** más citado en 1999, destacado por ISI como uno de los diez artículos más citados en física en la década posterior a su publicación.
- 2001: Pastor-Satorras y Vespignani es uno de los dos artículos más citados entre los artículos publicados en 2001 por **Physical Review Letters**.
- 2002: Girvan-Newman es el artículo más citado en 2002 **Proceedings of the National Academy of Sciences**.

REVIEWS:

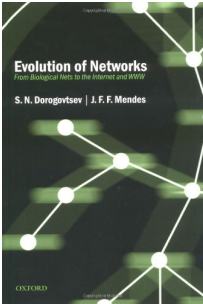
- La primera revisión de Network Science por Albert y Barabasi, 2001, es el segundo artículo más citado publicado en **Reviews of Modern Physics**, la revista de física de factor de mayor impacto, publicada desde 1929. La más citada es la revisión de Chandrasekhar de 1944 sobre procesos solares, pero será superado a finales de 2012 por Albert et al.
- Actualización de septiembre de 2016: Ahora superado, 17006 a 8545.
- La revisión SIAM de Newman sobre Network Science es el artículo más citado de todas las revistas de SIAM.
- BIOLOGÍA: “Network Biology”, de Barabasi y Oltvai (2004), es el segundo artículo más citado en la historia de Nature Reviews Genetics, la revista de reviews más importante en genética.



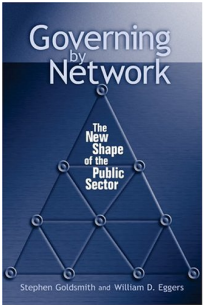




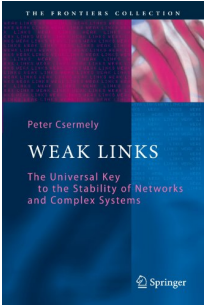
Handbook of Graphs and Networks: From the Genome to the Internet (Wiley-VCH, 2003).



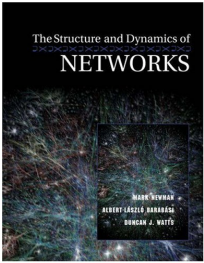
S. N. Dorogovtsev and J. F. F. Mendes, Evolution of Networks: From Biological Nets to the Internet and WWW (Oxford University Press, 2003).



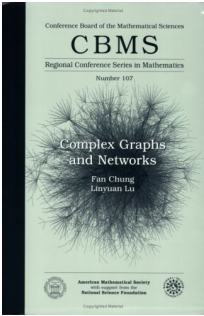
S. Goldsmith, W. D. Eggers, Governing by Network: The New Shape of the Public Sector (Brookings Institution Press, 2004).



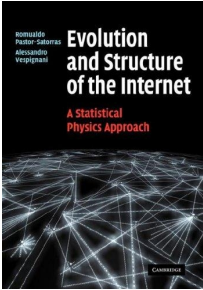
P. Csermely, Weak Links: The Universal Key to the Stability of Networks and Complex Systems (The Frontiers Collection) (Springer, 2006), rst edn.



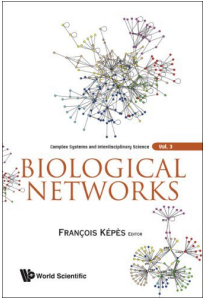
M. Newman, A.-L. Barabasi, D. J. Watts, The Structure and Dynamics of Networks: (Princeton Studies in Complexity) (Princeton University Press, 2006), rst edn.



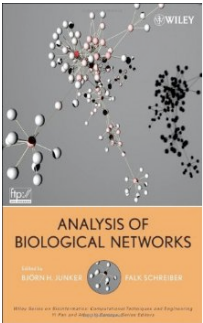
L. L. F. Chung, Complex Graphs and Networks (CBMS Regional Conference Series in Mathematics) (American Mathematical Society, 2006).



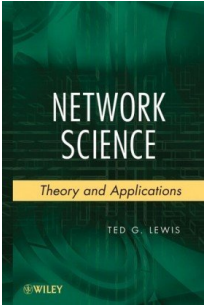
R. Pastor-Satorras, A. Vespignani, Evolution and Structure of the Internet: A Statistical Physics Approach (Cambridge University Press, 2007), 1st edn.



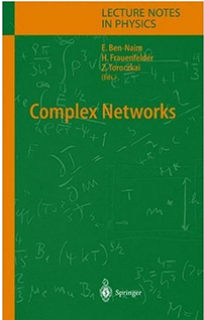
F. Kopos, Biological Networks (Complex Systems and Interdisciplinary Science) (World Scientific Publishing Company, 2007), 1st edn.



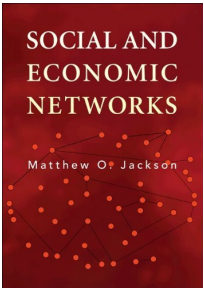
B. H. Junker, F. Schreiber, Analysis of Biological Networks (Wiley Series in Bioinformatics) (Wiley-Interscience, 2008).



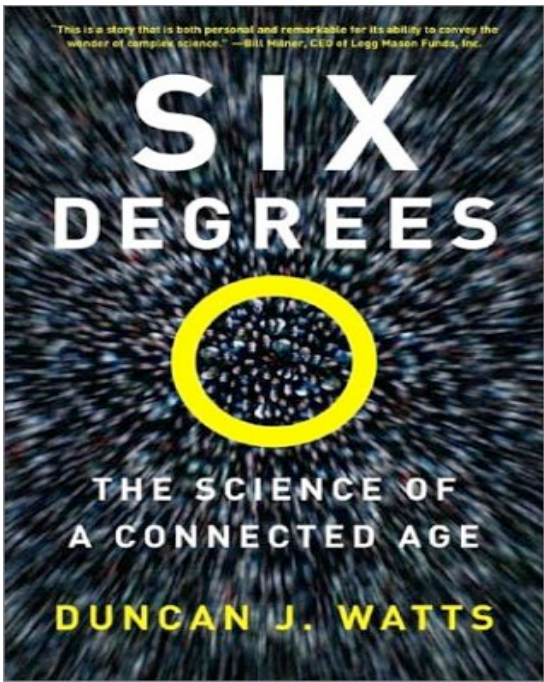
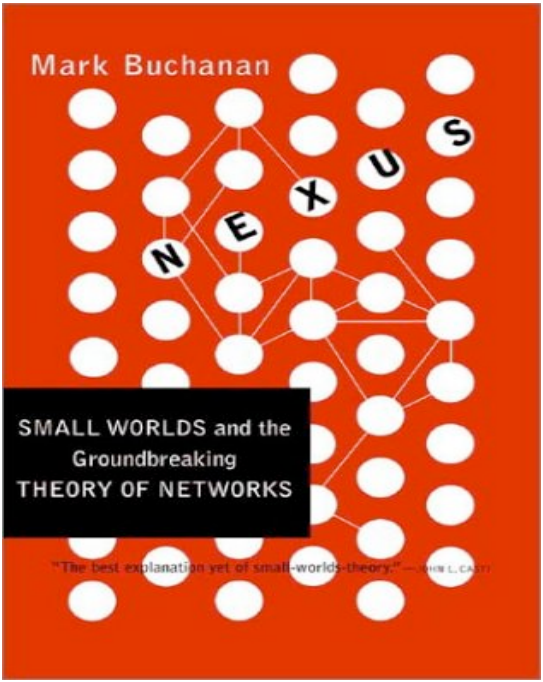
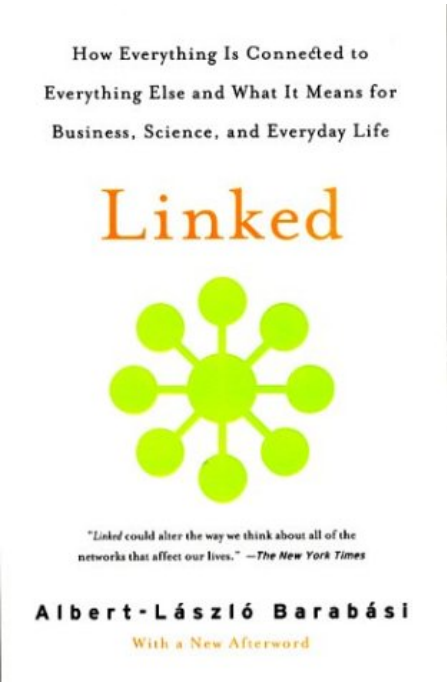
T. G. Lewis, Network Science: Theory and Applications (Wiley, 2009).



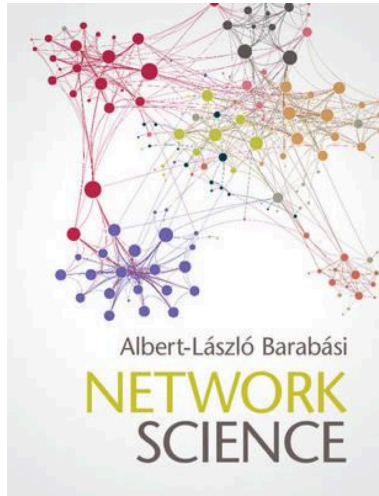
E. Ben Naim, H. Frauenfelder, Z. Torotzai, Complex Networks (Lecture Notes in Physics) (Springer, 2010), 1st edn.



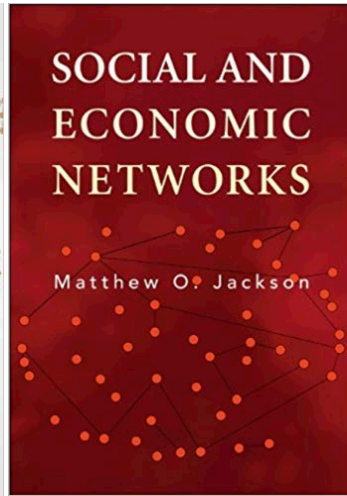
M. O. Jackson, Social and Economic Networks (Princeton University Press, 2010).



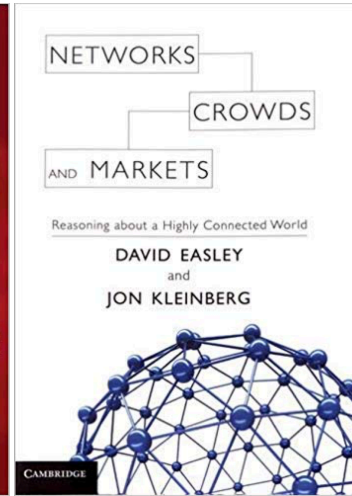
Bibliografía



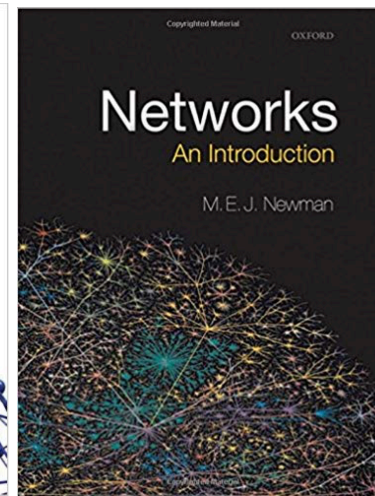
Obligatorio



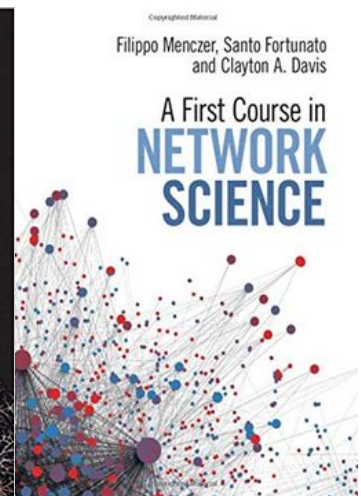
Sugerido



Sugerido



Sugerido



Sugerido

Beginner



Advanced



+

Pandas



+



NetworkX

Si tuvieras que entender la propagación de enfermedades, ¿puedes hacerlo sin redes?

Si tuviera que entender la estructura de WWW, la capacidad de búsqueda, etc., sería inútil sin recurrir la topología de la Web.

Si desea comprender las enfermedades humanas, es inútil sin considerar el diagrama de cableado de la célula.

**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% (ver rúbrica en CANVAS)

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

Preguntas básicas

- Qué tipo de información contiene una red?
- Qué campos de conocimiento se benefician del uso de teoría de redes?
- Por qué son importantes las redes para el futuro de la ciencia y la investigación?
- Piensa en un ejemplo de red que no fue mencionado durante la clase. Qué investigarías de esa red?