

Introducción a la ciencia de redes

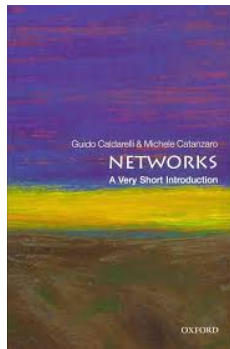
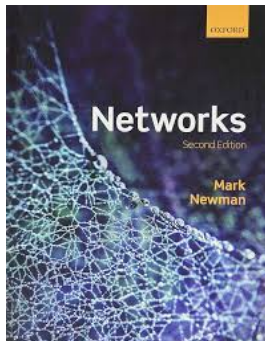
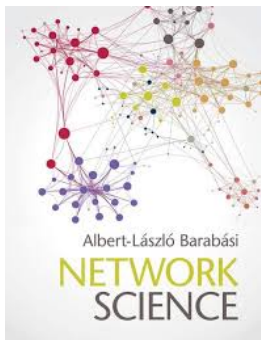
Jesús García Díaz

CONAHCYT
INAOE

Octubre 2024



Referencias principales



<https://www.prime.cic.ipn.mx/~jesgadiaz/>

Un experimento

Análisis de la estructura comunitaria en redes sociales en línea

Kumar Pakur, Xu Chen and Salma Hayek*

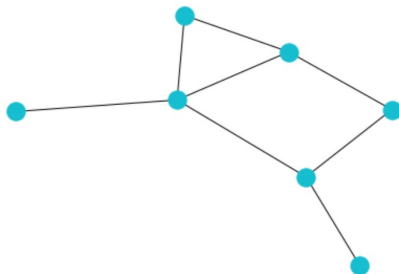
Abstract

La estructura comunitaria en redes sociales en línea es crucial para entender la dinámica de la interacción social y la difusión de información. En este estudio, se analiza la estructura comunitaria en Twitter utilizando técnicas de sistemas distribuidos y ciencia de redes. Se recopilieron datos de 100.000 usuarios y se aplicaron algoritmos de detección de comunidades para identificar patrones de agrupación. Los resultados muestran que las comunidades en Twitter se caracterizan por una estructura jerárquica y una alta centralidad, con un pequeño número de nodos influyentes que dominan la interacción.

Una red (o grafo) es un conjunto de nodos y aristas (puntos y líneas).

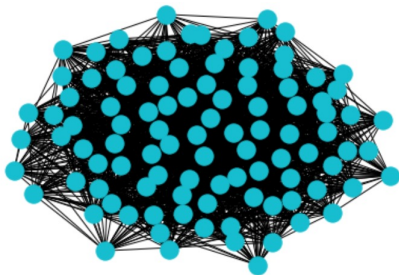
Red

Una red (o grafo) es un conjunto de nodos y aristas (puntos y líneas).

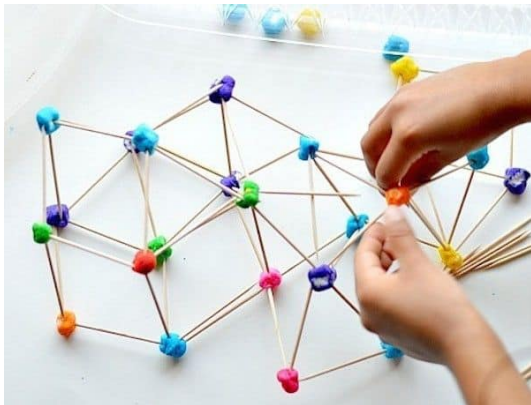


Red

Una red (o grafo) es un conjunto de nodos y aristas (puntos y líneas).



Red



Personajes

- 1 Leonhard Euler
- 2 Jacob L. Moreno
- 3 Pál Erdős
- 4 Albert-László Barabási

Leonhard Euler

Leonhard Euler



Leonhard Euler

- Nace en Basilea, Suiza, en 1707.



Leonhard Euler

- Ingresa a la universidad a los 13 años.



Leonhard Euler

- A los 16 años obtiene su maestría en filosofía al comparar los sistemas filosóficos de Newton y Descartes.



Leonhard Euler

- Sus padres querían que fuera teólogo, pero Johann Bernoulli los persuade de que siga el camino de las matemáticas.



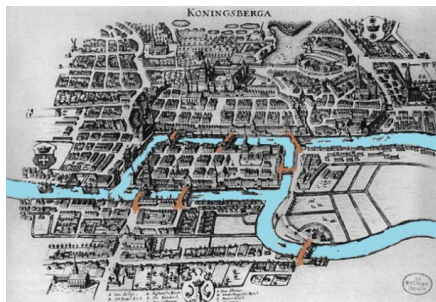
Leonhard Euler

- Viaja a San Petersburgo con un par de Bernoullis y empieza a resolver problemas abiertos que nadie había podido resolver. Por si no fuera suficiente, inventa nuevas ramas de las matemáticas, como la **teoría de grafos**.



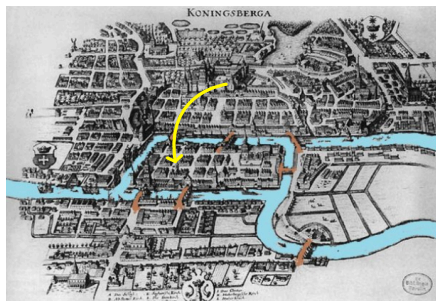
Los siete puentes de Königsberg

Dado el mapa de Königsberg, con el río Pregolia dividiendo el plano en cuatro regiones distintas, que están unidas a través de los siete puentes, ¿es posible dar un paseo comenzando desde cualquiera de estas regiones, pasando por todos los puentes, recorriendo solo una vez cada uno, y regresando al mismo punto de partida?



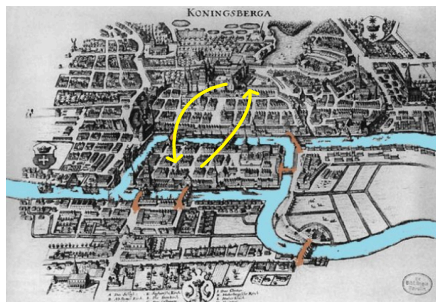
Los siete puentes de Königsberg

Dado el mapa de Königsberg, con el río Pregolia dividiendo el plano en cuatro regiones distintas, que están unidas a través de los siete puentes, ¿es posible dar un paseo comenzando desde cualquiera de estas regiones, pasando por todos los puentes, recorriendo solo una vez cada uno, y regresando al mismo punto de partida?



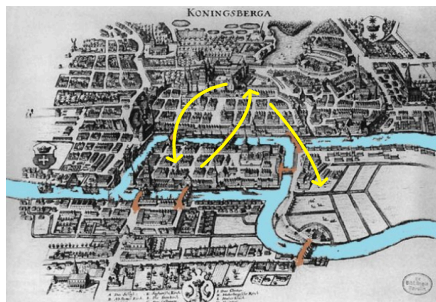
Los siete puentes de Königsberg

Dado el mapa de Königsberg, con el río Pregolia dividiendo el plano en cuatro regiones distintas, que están unidas a través de los siete puentes, ¿es posible dar un paseo comenzando desde cualquiera de estas regiones, pasando por todos los puentes, recorriendo solo una vez cada uno, y regresando al mismo punto de partida?



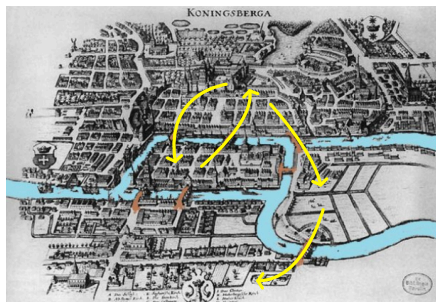
Los siete puentes de Königsberg

Dado el mapa de Königsberg, con el río Pregolia dividiendo el plano en cuatro regiones distintas, que están unidas a través de los siete puentes, ¿es posible dar un paseo comenzando desde cualquiera de estas regiones, pasando por todos los puentes, recorriendo solo una vez cada uno, y regresando al mismo punto de partida?



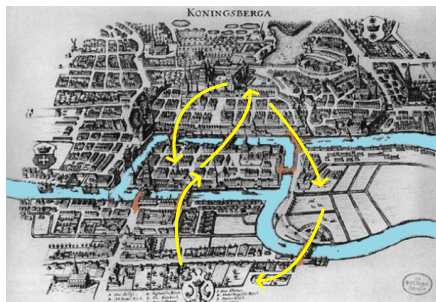
Los siete puentes de Königsberg

Dado el mapa de Königsberg, con el río Pregolia dividiendo el plano en cuatro regiones distintas, que están unidas a través de los siete puentes, ¿es posible dar un paseo comenzando desde cualquiera de estas regiones, pasando por todos los puentes, recorriendo solo una vez cada uno, y regresando al mismo punto de partida?



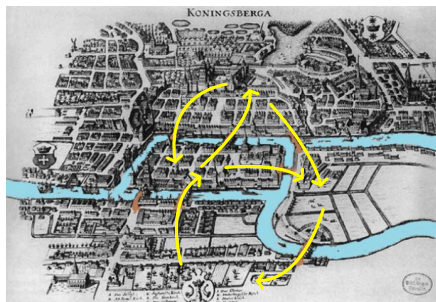
Los siete puentes de Königsberg

Dado el mapa de Königsberg, con el río Pregolia dividiendo el plano en cuatro regiones distintas, que están unidas a través de los siete puentes, ¿es posible dar un paseo comenzando desde cualquiera de estas regiones, pasando por todos los puentes, recorriendo solo una vez cada uno, y regresando al mismo punto de partida?



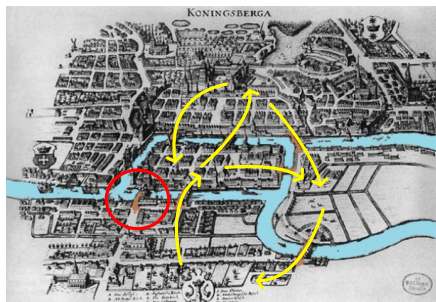
Los siete puentes de Königsberg

Dado el mapa de Königsberg, con el río Pregolia dividiendo el plano en cuatro regiones distintas, que están unidas a través de los siete puentes, ¿es posible dar un paseo comenzando desde cualquiera de estas regiones, pasando por todos los puentes, recorriendo solo una vez cada uno, y regresando al mismo punto de partida?



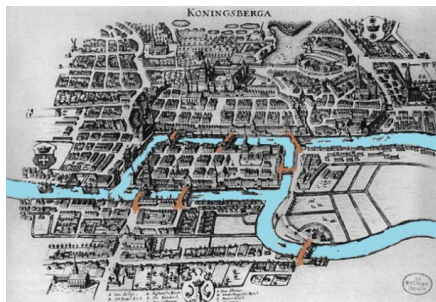
Los siete puentes de Königsberg

Dado el mapa de Königsberg, con el río Pregolia dividiendo el plano en cuatro regiones distintas, que están unidas a través de los siete puentes, ¿es posible dar un paseo comenzando desde cualquiera de estas regiones, pasando por todos los puentes, recorriendo solo una vez cada uno, y regresando al mismo punto de partida?



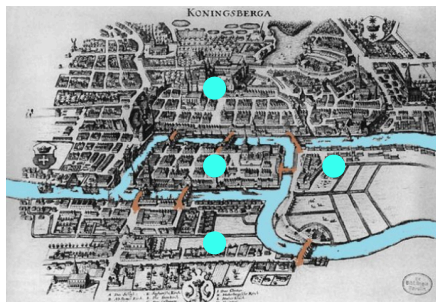
Los siete puentes de Königsberg

Dado el mapa de Königsberg, con el río Pregolia dividiendo el plano en cuatro regiones distintas, que están unidas a través de los siete puentes, ¿es posible dar un paseo comenzando desde cualquiera de estas regiones, pasando por todos los puentes, recorriendo solo una vez cada uno, y regresando al mismo punto de partida?



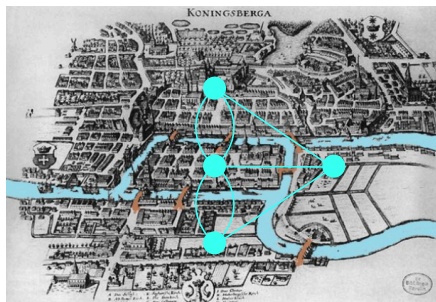
Los siete puentes de Königsberg

Dado el mapa de Königsberg, con el río Pregolia dividiendo el plano en cuatro regiones distintas, que están unidas a través de los siete puentes, ¿es posible dar un paseo comenzando desde cualquiera de estas regiones, pasando por todos los puentes, recorriendo solo una vez cada uno, y regresando al mismo punto de partida?



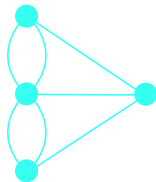
Los siete puentes de Königsberg

Dado el mapa de Königsberg, con el río Pregolia dividiendo el plano en cuatro regiones distintas, que están unidas a través de los siete puentes, ¿es posible dar un paseo comenzando desde cualquiera de estas regiones, pasando por todos los puentes, recorriendo solo una vez cada uno, y regresando al mismo punto de partida?

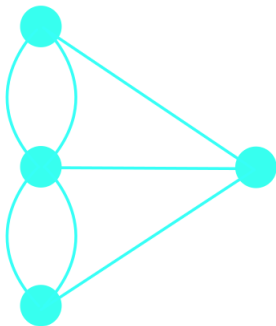


Los siete puentes de Königsberg

Dado el mapa de Königsberg, con el río Pregolia dividiendo el plano en cuatro regiones distintas, que están unidas a través de los siete puentes, ¿es posible dar un paseo comenzando desde cualquiera de estas regiones, pasando por todos los puentes, recorriendo solo una vez cada uno, y regresando al mismo punto de partida?

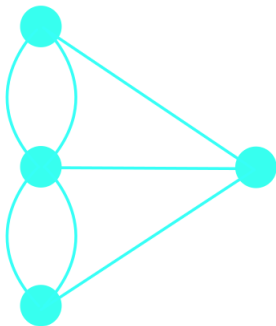


Los siete puentes de Königsberg



Dado un grafo arbitrario, ¿es posible recorrer todas las aristas una única vez?

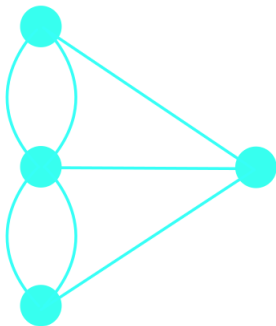
Los siete puentes de Königsberg



Dado un grafo arbitrario, ¿es posible recorrer todas las aristas una única vez?

En otras palabras, ¿existe un camino Euleriano?

Los siete puentes de Königsberg

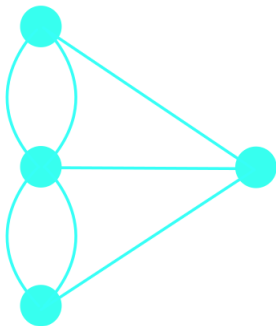


Dado un grafo arbitrario, ¿es posible recorrer todas las aristas una única vez?

En otras palabras, ¿existe un camino Euleriano?

Euler demostró que para que la respuesta sea sí, el grafo debe poseer ciertas propiedades.

Los siete puentes de Königsberg



Dado un grafo arbitrario, ¿es posible recorrer todas las aristas una única vez?

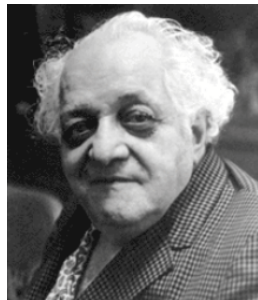
En otras palabras, ¿existe un camino Euleriano?

Euler demostró que para que la respuesta sea sí, el grafo debe poseer ciertas propiedades.

Con su demostración deductiva y general (para infinitos grafos), Euler inaugura la **teoría de grafos**.

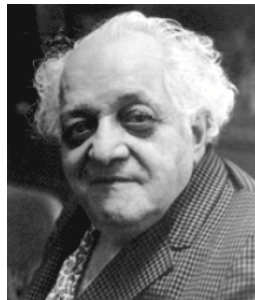
Jacob L. Moreno

Jacob L. Moreno



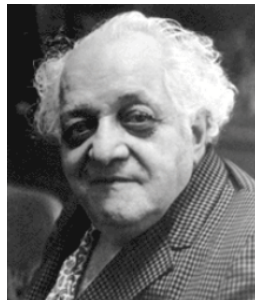
Jacob L. Moreno

- Nace en Bucarest, Rumania, en 1889.



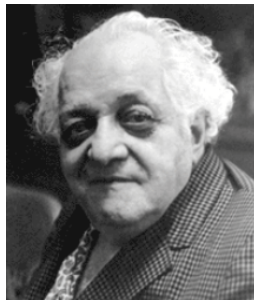
Jacob L. Moreno

- Fue un psicólogo, psiquiatra, sociólogo y educador.



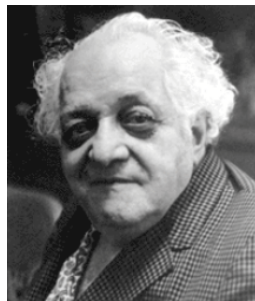
Jacob L. Moreno

- Crítico de la teoría freudiana, desarrolla el psicodrama y terapia grupal.



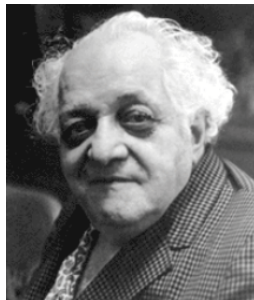
Jacob L. Moreno

- Se cuenta que, como estudiante, asistió al análisis de un sueño telepático por Sigmund Freud. Al término de la reunión, Freud se acercó a Moreno y le preguntó sobre su trabajo. Moreno respondió: “estoy empezando donde usted terminó”.



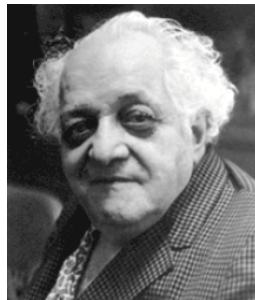
Jacob L. Moreno

- En 1934, introduce el concepto de socionomía (la ciencia de las propiedades psicológicas de las poblaciones y de los problemas comunales que estas producen).



Jacob L. Moreno

- Define a la sociometría como el brazo matemático de la sociología y al **sociograma** como su principal herramienta.



Jacob L. Moreno

Un verdadero procedimiento terapéutico debe tener como objetivo a la humanidad entera. Pues no se puede prescribir ninguna terapia mientras la humanidad no sea vista como una unidad y mientras su organización siga siendo desconocida.

Who shall survive?, A new approach to the problem of human interrelations, Jacob Levy Moreno

Pál Erdős

Pál Erdős



Pál Erdős

- Nace en Budapest, Hungría, en 1913.



Pál Erdős

- Conocido por sus trabajos en teoría de grafos, combinatoria, teoría de números, teoría de conjuntos, teoría de aproximación, análisis clásico y probabilidad.



Pál Erdős

- Famoso también por su personalidad “excentrica”.



Pál Erdős

- Con 4 años de edad, era capaz de contar cuántos segundos habías vivido.



Pál Erdős

- Con 14 años, no era capaz de amarrar los cordones de sus zapatos.



Pál Erdős

- Con 21 años, se enfrentó por vez primera a la tarea de untar un pan con mantequilla. Años después afirmaría que no fue tan “difícil” .



Pál Erdős

- Decía que las verdades matemáticas estaban escritas en *El libro*, el cual había sido escrito por el *Supremo Fascista* (dios).



Pál Erdős

- Al ser judío, se vio en la necesidad de abandonar Hungría en 1934. Desde entonces se volvió un *vagabundo matemático*. Se dice que nunca durmió más de siete noches consecutivas en la misma cama.



Pál Erdős

- Nunca tuvo un empleo formal, ni oficina o escritorio. Solo necesitaba su mente.



Pál Erdős

- No tuvo posesiones, cuentas de banco ni tarjetas bancarias.



Pál Erdős

- No tuvo pareja ni hijos.



Pál Erdős

- Solía llegar sin avisar a casa de sus amigos. Sus anfitriones sabían que les esperaban días de intensas sesiones intelectuales y discusiones. Desde luego, también tenían que cortar en dos la toronja que le gustaba comer en el desayuno.



Pál Erdős

- Publicó 1500 artículos con alrededor de 500 colaboradores.



Pál Erdős

- Murió en un congreso en Varsovia.



Grafos aleatorios

Grafos aleatorios

¿Qué pasaría si los elementos de un sistema interactúan libremente? Es decir, sin una autoridad central que ponga un “orden”.

Grafos aleatorios

¿Qué pasaría si los elementos de un sistema interactúan libremente? Es decir, sin una autoridad central que ponga un “orden”.

Por ejemplo, organicemos una reunión con cientos de asistentes. Al inicio se forman pequeños grupos.

Grafos aleatorios

¿Qué pasaría si los elementos de un sistema interactúan libremente? Es decir, sin una autoridad central que ponga un “orden”.

Por ejemplo, organicemos una reunión con cientos de asistentes. Al inicio se forman pequeños grupos.



Grafos aleatorios

¿Qué pasaría si los elementos de un sistema interactúan libremente? Es decir, sin una autoridad central que ponga un “orden”.

Por ejemplo, organicemos una reunión con cientos de asistentes. Al inicio se forman pequeños grupos.



Tony Ayans
2x\$39



Johnny Walker
\$388,000

Grafos aleatorios

¿Qué pasaría si los elementos de un sistema interactúan libremente? Es decir, sin una autoridad central que ponga un “orden”.

Por ejemplo, organicemos una reunión con cientos de asistentes. Al inicio se forman pequeños grupos.



Qué pequeño es el mundo



Qué pequeño es el mundo

- *O los seis grados de separación.*



Qué pequeño es el mundo

- Es la idea de que todos estamos interconectados a través de una secuencia de cinco intermediarios.



Qué pequeño es el mundo

- Propuesto originalmente en 1929 por Frigyes Karinthy en su cuento *Eslabones*.



Qué pequeño es el mundo

- Replanteado en 1967 por el psicólogo Stanley Milgran, quien “confirma” la hipótesis a través de un experimento.



Qué pequeño es el mundo

- En 2008, Facebook reporta que la distancia promedio entre todo par de usuarios es de 5.28.



Qué pequeño es el mundo

- En 2011, Facebook reporta que la distancia promedio entre todo par de usuarios es de 4.74.

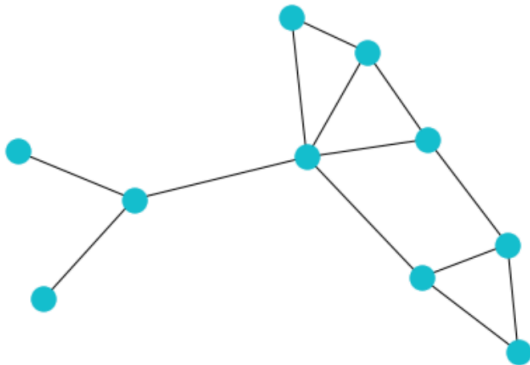


Qué pequeño es el mundo

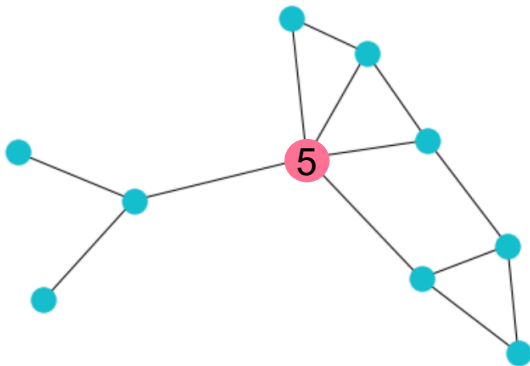
- En 2016, Facebook reporta que la distancia promedio entre todo par de usuarios es de 4.57.



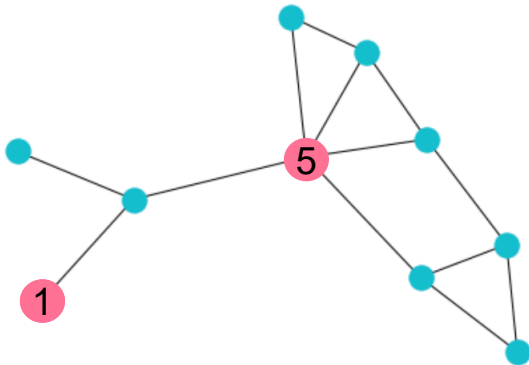
Distribución de grado



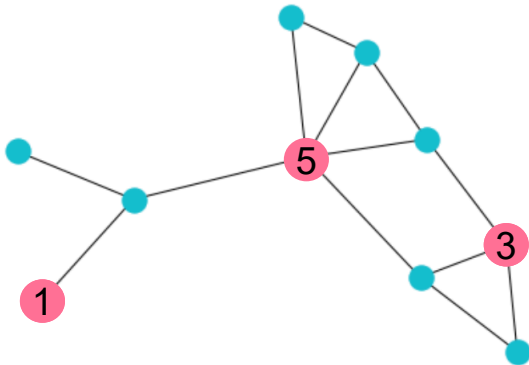
Distribución de grado



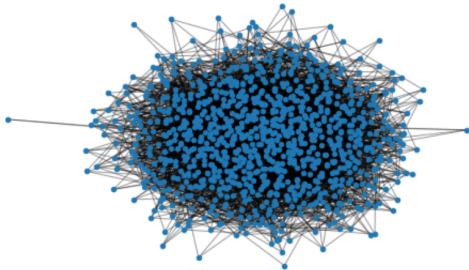
Distribución de grado



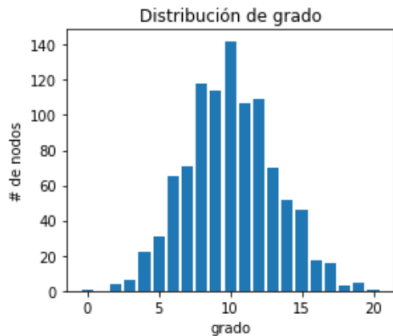
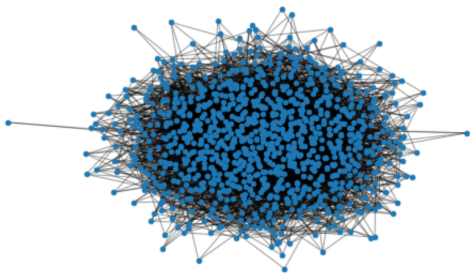
Distribución de grado



Distribución de grado



Distribución de grado



Albert-László Barabási

Albert-László Barabási

- Nace en Cârța, Rumania, en 1967.



Albert-László Barabási

- Pionero de la ciencia de redes y profesor de la Universidad del Noreste donde dirige el centro de investigación en redes complejas.

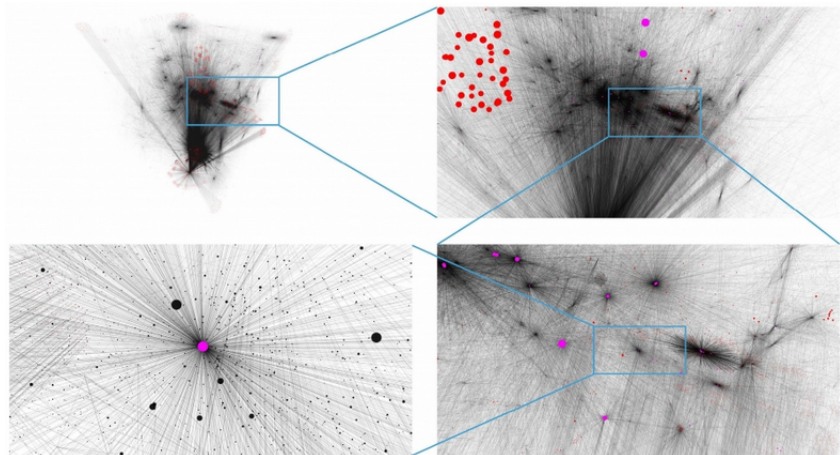


Albert-László Barabási

- Sus trabajos de investigación en ciencia de redes acumulan cerca de 300,000 citas.

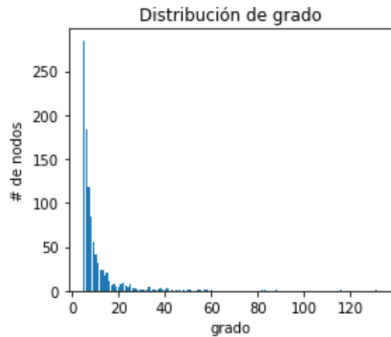


Redes del escenarios reales



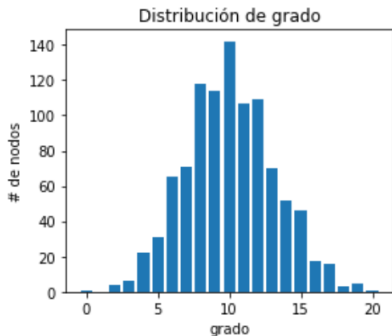
Mapa de la WWW (1998, Hawoong Jeong)

Distribución de grado

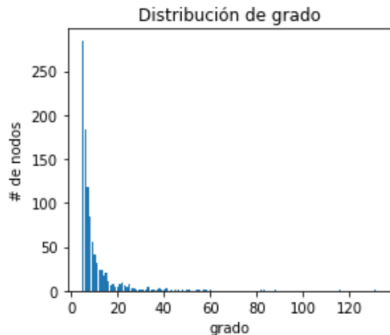


Barabási-Albert

Distribución de grado

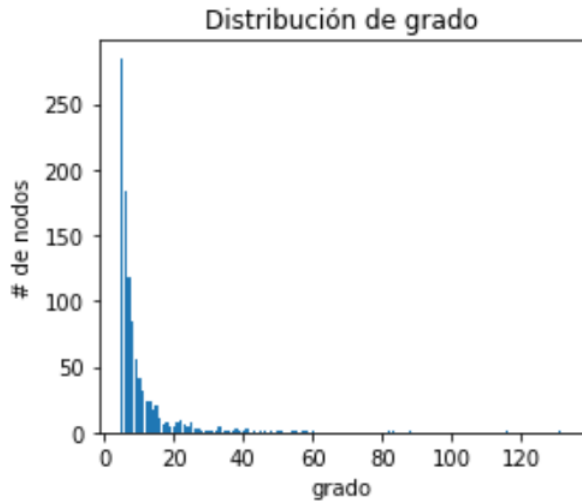


Erdős-Rényi



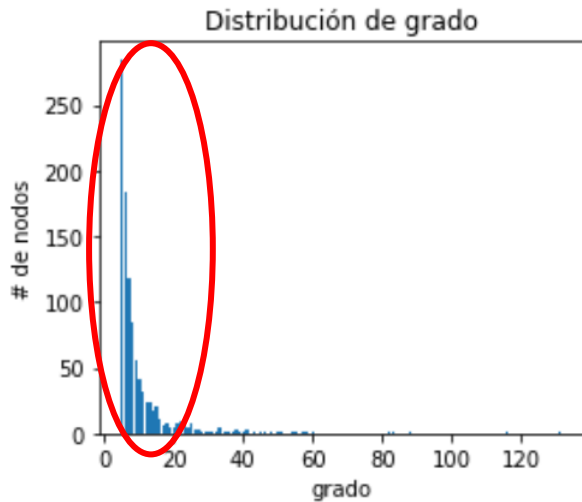
Barabási-Albert

Distribución de grado



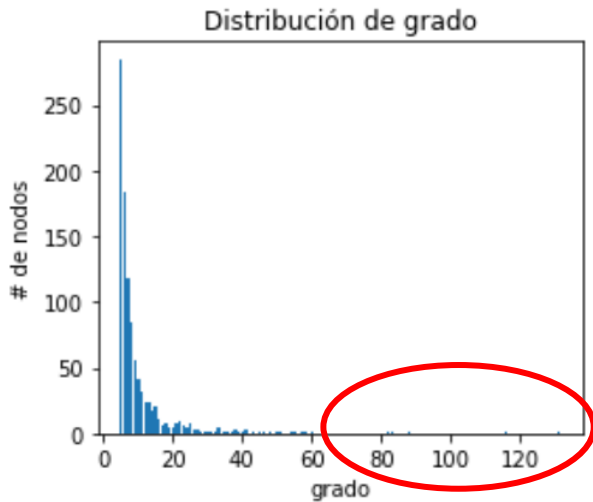
Barabási-Albert

Distribución de grado



Barabási-Albert

Distribución de grado



Barabási-Albert

El experimento del inicio

¿Recuerdas el nombre de uno de los autores?

Apego preferencial

Apego preferencial

- Vilfredo Pareto, un economista del siglo XIX, observó que en Italia muy pocas personas recibían la mayoría del dinero, mientras que la mayoría de la población recibía muy poco.



Apego preferencial

- Harriet Zuckerman, socióloga y científica de la ciencia, advirtió en 1967 el mismo fenómeno al estudiar a los ganadores de premios Nobel de su época.



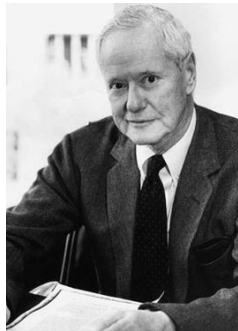
Apego preferencial

- Robert K. Merton, sociólogo. Acuña el término Efecto Mateo en 1968.



Apego preferencial

- Robert K. Merton, sociólogo. Acuña el término Efecto Mateo en 1968.
- *Porque a cualquiera que tiene, se le dará, y tendrá más; pero al que no tiene, aun lo que tiene le será quitado.* Mateo 13:12.



Apego preferencial

- Matilda Joslyn Gage (1826-1898). Activista estadounidense, sufragista, abolicionista, librepensadora y escritora. Denunció el prejuicio hacia reconocer los hallazgos de mujeres científicas, atribuyendo el hallazgo a un colega hombre.

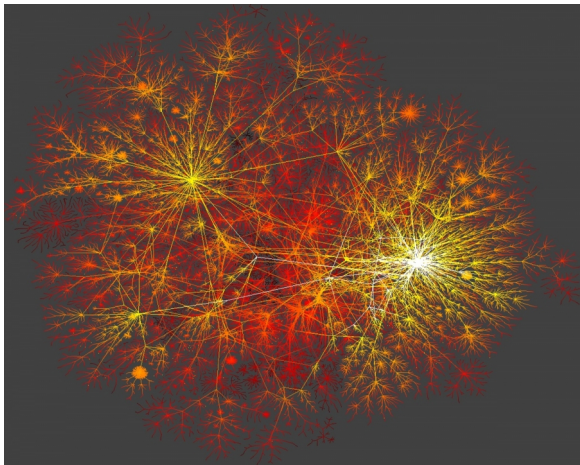


Apego preferencial

- Matilda Joslyn Gage (1826-1898). Activista estadounidense, sufragista, abolicionista, librepensadora y escritora. Denunció el prejuicio hacia reconocer los hallazgos de mujeres científicas, atribuyendo el hallazgo a un colega hombre.
- En su honor, se acuñó el término *Efecto Matilda*, el cual combina al Efecto Mateo con el sexismo.

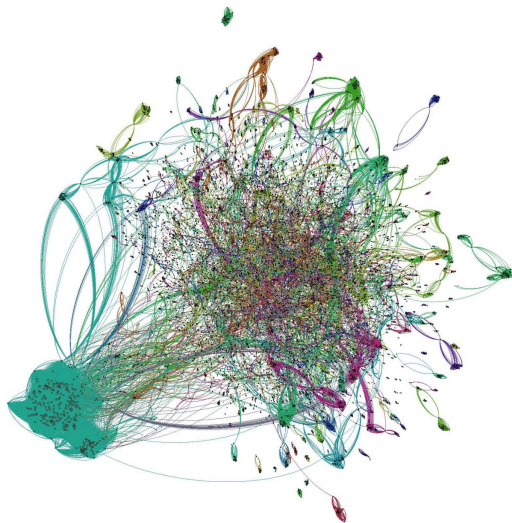


Ciencia de redes



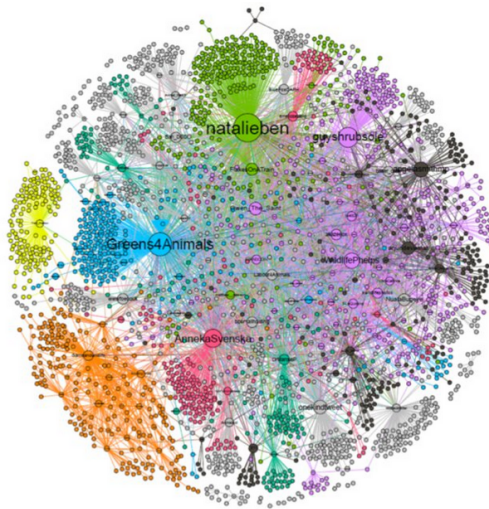
Topología de la internet (CAIDA, University of California)

Ciencia de redes



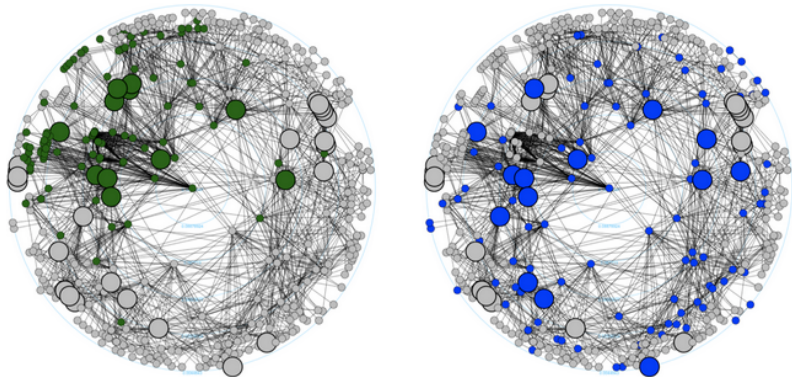
Physicists collaboration network (Heilberger and Wiecek, 2016)

Ciencia de redes



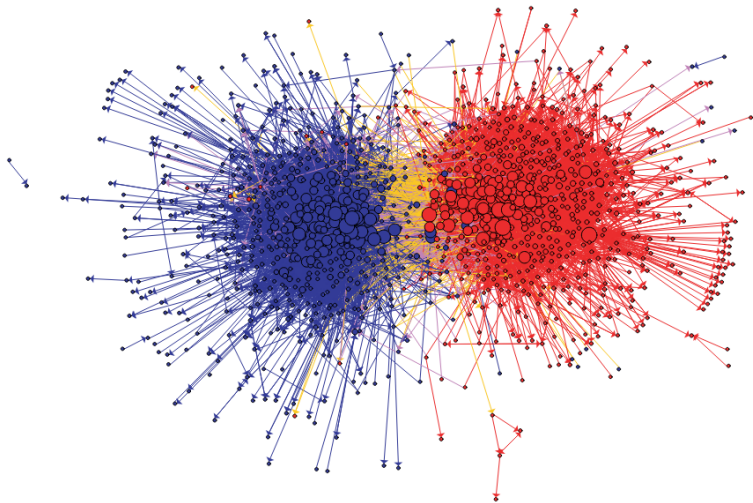
A twitter conversation network (Asher et al., 2018)

Ciencia de redes



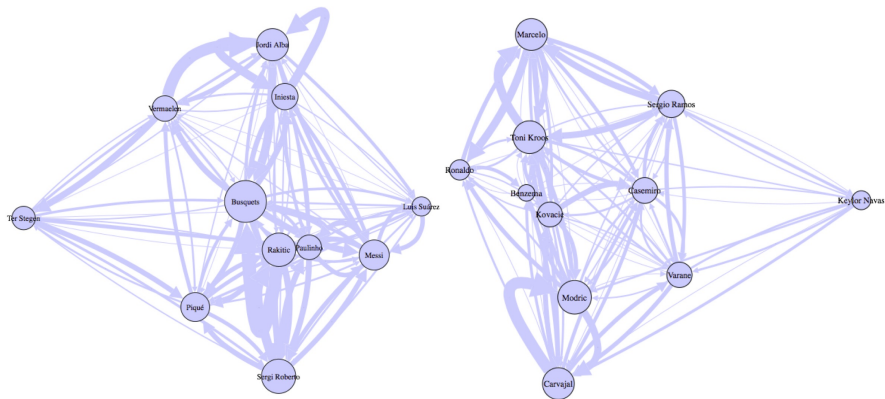
Collaboration in the film industry (Juhász et al., 2020)

Ciencia de redes



Blogósfera política 2004 (Adamic et al., 2005)

Ciencia de redes



Redes de interacción en el fútbol (Buldú et al., 2018)

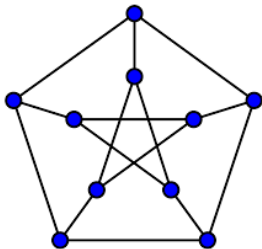
Para terminar...

Muchos individuos, con diferentes visiones de la realidad, han contribuido al desarrollo de la ciencia de redes.



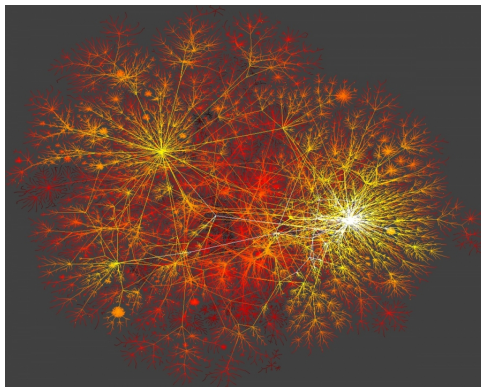
Para terminar...

Por un lado, los matemáticos suelen irse al extremo de lo ideal y de la formalidad. Por otro lado, los científicos sociales se apegan a la observación de las construcciones sociales.



Para terminar...

Al estudiar redes relativamente grandes de escenarios reales, Barabási sentó las bases de la ciencia de redes contemporánea.



Para terminar...

La ciencia de redes sigue desarrollándose. En el contexto de las ciencias de la computación las áreas de oportunidad son enormes.

- Sistemas complejos.
- Sistemas distribuidos.
- Aprendizaje de máquina.
- Redes de computadoras.
- Propagación y contención de información.
- *Big Data*.
- Ciberseguridad.
- Internet de las cosas.
- Etc.

Gracias

`jesgadiaz@inaoe.mx`

`https://www.prime.cic.ipn.mx/~jesgadiaz`

Número de Erdős

Saúl E. Pomares Hernández Paul Erdős

Saúl E. Pomares Hernández
 co-authored 1 paper with
 Michel Raynal
 co-authored 2 papers with
 Shmuel Zaks
 co-authored 1 paper with
Paul Erdős
distance = 3

Lil María Rodríguez-Henríq Paul Erdős

Lil María Rodríguez-Henríquez
 co-authored 3 papers with
 Debrup Chakraborty
 co-authored 15 papers with
 Palash Sarkar
 co-authored 1 paper with
 Douglas Robert Stinson
 co-authored 1 paper with
Paul Erdős
distance = 4

<https://www.csauthors.net/distance/>

Número de Erdős

Noureddine Lakouari	Paul Erdős
---------------------	------------

Noureddine Lakouari
 co-authored 1 paper with
 Ricardo Menchaca-Mendez
 co-authored 2 papers with
 Dimitris Achlioptas
 co-authored 9 papers with
 Michael Molloy
 co-authored 1 paper with
Paul Erdős
distance = 4

Rolando Menchaca-Méndez	Paul Erdős
-------------------------	------------

Rolando Menchaca-Méndez
 co-authored 19 papers with
 Ricardo Menchaca-Mendez
 co-authored 2 papers with
 Dimitris Achlioptas
 co-authored 9 papers with
 Michael Molloy
 co-authored 1 paper with
Paul Erdős
distance = 4

`https://www.csauthors.net/distance/`

Hari Seldon



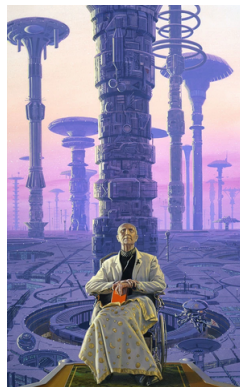
Hari Seldon

- Nació en el planeta Helicon en el año 11988 de la Era Galáctica.



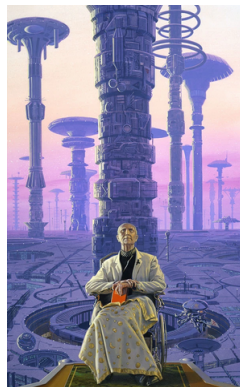
Hari Seldon

- Nació en el planeta Helicon en el año 11988 de la Era Galáctica.
- Recibió su título de doctor en matemáticas en la Universidad de Helicon, donde se especializó en el análisis matemático de las estructuras sociales.



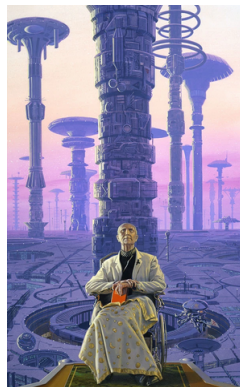
Hari Seldon

- Nació en el planeta Helicon en el año 11988 de la Era Galáctica.
- Recibió su título de doctor en matemáticas en la Universidad de Helicon, donde se especializó en el análisis matemático de las estructuras sociales.
- Fue primer ministro del emperador Cleon I.

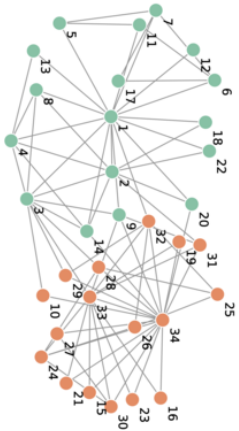


Hari Seldon

- Nació en el planeta Helicon en el año 11988 de la Era Galáctica.
- Recibió su título de doctor en matemáticas en la Universidad de Helicon, donde se especializó en el análisis matemático de las estructuras sociales.
- Fue primer ministro del emperador Cleon I.
- Consolidó la ciencia de la psicohistoria, la cual combina historia, psicología y matemáticas para calcular el comportamiento de poblaciones.

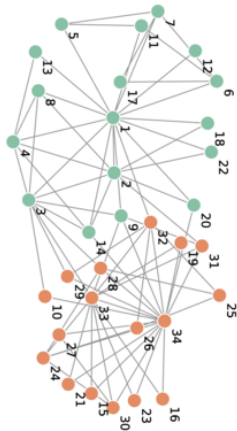


Zachary's karate club



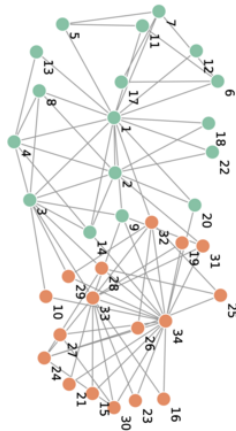
Zachary's karate club

- Durante tres años, Wayne W. Zachary estudió la red de 34 miembros de un club de karate.



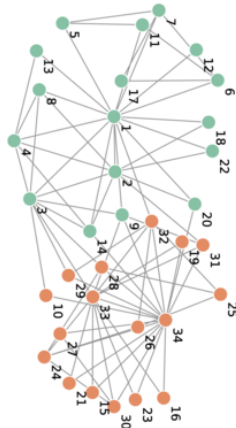
Zachary's karate club

- Durante tres años, Wayne W. Zachary estudió la red de 34 miembros de un club de karate.
- Una arista entre dos actores significa que estos solían interactuar fuera del dojo.



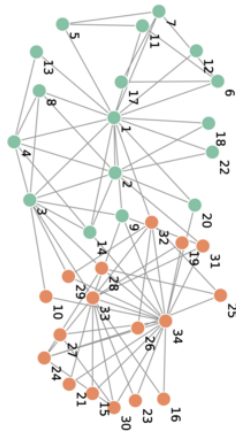
Zachary's karate club

- Durante tres años, Wayne W. Zachary estudió la red de 34 miembros de un club de karate.
- Una arista entre dos actores significa que estos solían interactuar fuera del dojo.
- Durante el estudio, los instructores del club discutieron, separando al grupo en dos partes.



Zachary's karate club

- Durante tres años, Wayne W. Zachary estudió la red de 34 miembros de un club de karate.
- Una arista entre dos actores significa que estos solían interactuar fuera del dojo.
- Durante el estudio, los instructores del club discutieron, separando al grupo en dos partes.
- Aplicando el algoritmo de Ford-Fulkerson (para flujo máximo-corte mínimo), Zachary pudo predecir, casi por completo, quienes formaban parte de cada grupo.



Ciencia de redes

*La ciencia de redes es un campo académico que estudia **redes complejas** tales como redes de telecomunicaciones, redes informáticas, redes biológicas, redes semánticas y cognitivas, redes económicas y redes sociales, considerando distintos elementos o actores representados por nodos (o vértices) y las conexiones entre los elementos o actores como enlaces (o aristas). El campo se basa en teorías y métodos que incluyen la **teoría de grafos** de las matemáticas, la mecánica estadística de la física, la minería de datos y la visualización de la información de **ciencias de la computación**, la estadística inferencial de la estadística y la estructura social de la sociología.*

Wikipedia

Ciencia de redes

*La ciencia de redes es un campo **interdisciplinario** que estudia las relaciones y estructuras entre nodos en **sistemas complejos**. Estos nodos pueden representar entidades como personas, computadoras, organizaciones o incluso moléculas, y las conexiones entre ellos pueden reflejar interacciones, relaciones o flujos de información.*

ChatGPT 4.0

Ciencia de redes

*La ciencia de redes es un campo **interdisciplinario** que estudia la estructura, el comportamiento y la evolución de las **redes complejas**. Combina conceptos y métodos de la física, la matemática, la informática, la sociología, la biología y otras disciplinas para analizar sistemas que pueden representarse como redes.*

Meta AI

Subáreas

- Detección de comunidades.
- Propagación de información.
- Filtración (*percolation*).
- Resiliencia.
- Etc.

Arte y cultura

