

# Introducción a los Sistemas Complejos

Sesión 1:  
Redes Complejas, Biológicas,  
Tecnológicas y Sociales

Santiago, Chile – 3, 5, 7 y 7 de octubre, 2016 – 19:30 a 22:00hrs

La Casa de Goethe / Santiago Maker Space – Cristián Huepe, PhD



# Introducción

¿Quién es Cristián Huepe?

Filosofía científica del taller: realidad, racionalidad y ciencia

Resumen de las cuatro sesiones

# ¿Quién es Cristián Huepe?

## ► 1990's

- **Licenciatura en Física:** Universidad de Chile
- **Diplôme d'Études Approfondies:** DEA Astrophysique, Observatoire de Paris
- **Doctorado en Física:** École Normale Supérieure de Paris & Université Paris 7
  - Tesis: '*Bifurcaciones e Inestabilidades en los Condensados de Bose-Einstein y Flujos Superfluidos*'
  - Temas: Física teórica, no-lineal, estadística, cuántica, relativista, fuera de equilibrio, variada
- **Música:**
  - Banda jazz/punk Malavida (Santiago)
  - Música electrónica y álbum labo\_labs: *eclectise* (París)

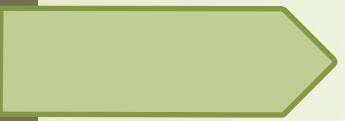
# ¿Quién es Cristián Huepe?

## ► 2000's

- Trabajos postdoctorales:
  - University of Chicago (con Leo Kadanoff)
  - Northwestern University (media jornada)
- Primeros trabajos y contactos en Sistemas Complejos (redes y enjambres)
- Shows música electrónica *labo\_labs* y colaboración Makers of Sense

## ► 2010's

- Investigador independiente (proyecto National Science Foundation)
- Proyectos en:
  - Sistemas complejos, swarms, teoría de redes, robótica, biología de sistemas, redes de opinión, complejidad y arte, performance música electrónica, música como fenómeno emergente
- Colaboraciones en:
  - Chicago IL, New York NY, Fargo ND, Seattle WA, Los Ángeles CA, Princeton NJ, Ciudad de México, Paris, Grenoble, London, Bristol, Bruselas, Berlín, Dresde, Ankara, Beijing, Hong Kong, etc.



# Filosofía científica del taller: Realidad, racionalidad y ciencia

## ► Ciencia y sociedad:

- Experiencia intelectual, filosófica y emocional que debiéramos compartir
- ¡La ciencia es cultura!

## ► Ciencia y educación:

- Enseñar más ciencia de frontera
- Explicar mejor cómo se desarrolla, sin detalles técnicos

## ► Ciencia y vida:

- Nada me asombra más que la realidad, la racionalidad y la ciencia
- Es el único universo que realmente compartimos
- Impulsa el progreso (tecnológico, médico, filosófico, social, humano, etc.)



## Filosofía científica del taller: Realidad, racionalidad y ciencia

► Algunas citas:

*“if I have seen further it is by standing on the shoulders of giants”*

– I. Newton, carta a R. Hooke (1676)

*“The most incomprehensible thing about the universe is that it is comprehensible”*

– A. Einstein, ‘Physics and Reality’ (1936)

*“Science is the poetry of reality”*

– R. Dawkins (2000’s)

# Resumen del taller

## ► 1era Sesión: Sistemas Complejos y Redes Complejas: Definiciones, Ejemplos y Aplicaciones

- Definición de Sistemas Complejos
- Ejemplos y Origen
- Autómatas Celulares (Ejercicio)
- Definición de Redes Complejas
- Ejemplos de Redes Complejas
- Tipos y propiedades de Redes Complejas

## ► 2da Sesión: Movimiento Colectivo, Materia Activa y Auto-Organización

- De la física estadística a la materia activa y el movimiento colectivo
- Enjambres (swarms) en biología, ingeniería y física
- Experimento con mini-robots (Ejercicio)
- Analizando cardúmenes experimentalmente
- Sobre plagas de langostas, canibalismo y universalidad
- Aplicaciones: *swarm intelligence*, movimiento humano y colapsos de mercado

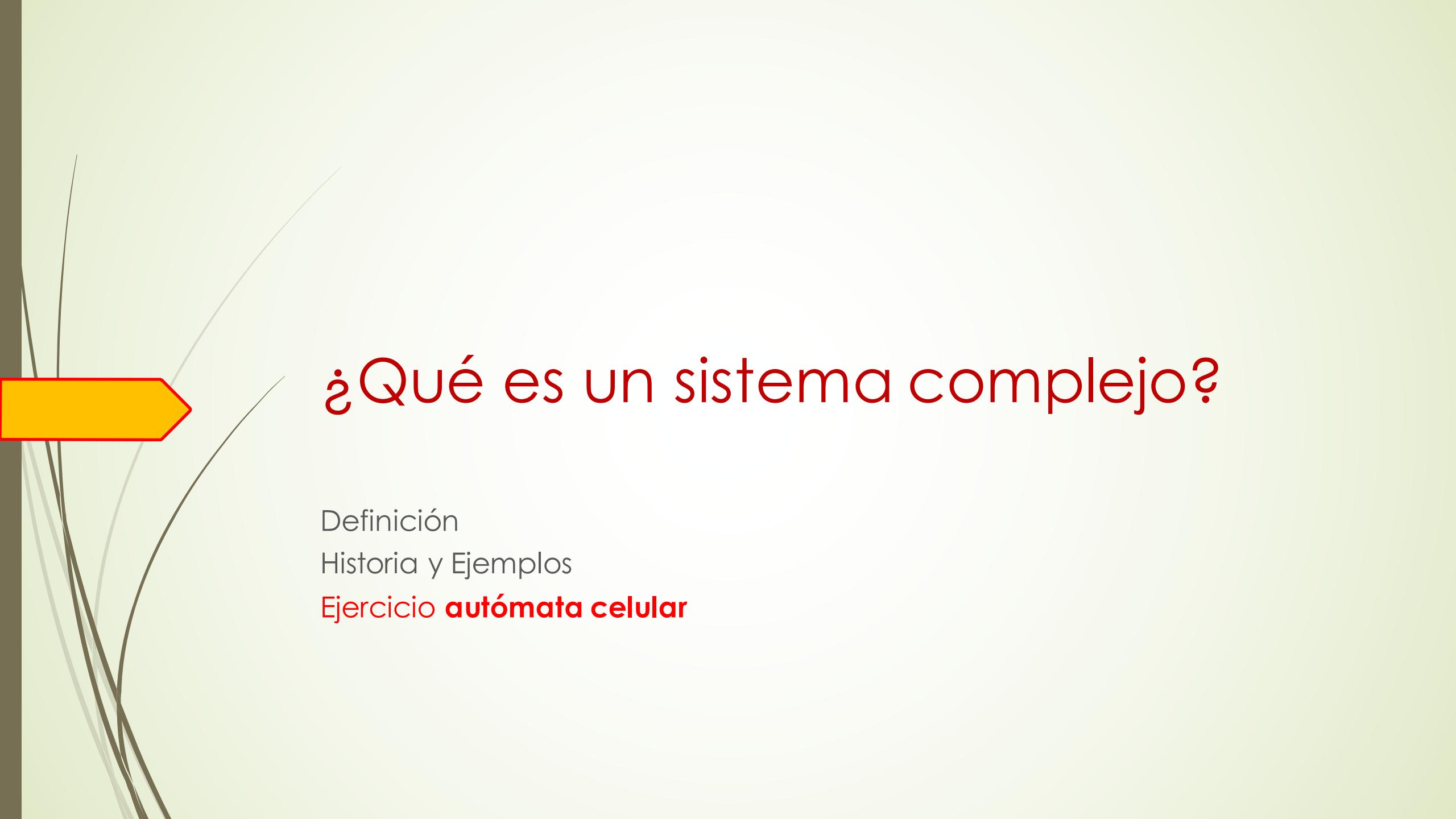
# Resumen del taller

## ► 3ra Sesión: Sistemas Complejos en Dinámicas Sociales, Gestión y Emprendimiento

- Econofísica de sistemas complejos fuera de equilibrio
- Distribuciones de cola larga
- Liderazgo y decisiones colectivas
- Redes y epidemias (Ejercicio)
- Redes de mundo pequeño y libres de escala
- Conceptos asociados: Reducción dimensional, *Big data*, *Machine Learning*, etc.

## ► 4ta Sesión: Sistemas Complejos en el Arte y la Cultura

- Redes sociales, de influencia y de información
- Música y sistemas complejos
- Emergencia y criticalidad en la biología y el arte
- Apreciación artística y sistemas complejos
- Creación de arte contemporáneo y sistemas complejos
- Corrientes e influencias artísticas y sistemas complejos



# ¿Qué es un sistema complejo?

Definición

Historia y Ejemplos

Ejercicio **autómata celular**

# Definición de sistemas complejos

- Un **sistema complejo** está compuesto por varias **partes interconectadas** o **entrelazadas** cuyos vínculos crean **información adicional** no visible antes por el observador. Como resultado de las interacciones entre elementos, surgen **propiedades nuevas** que no pueden explicarse a partir de las propiedades de los elementos aislados. Dichas propiedades se denominan **propiedades emergentes**.
- **Propiedades emergentes:** La **emergencia** o el **surgimiento** hace referencia a aquellas propiedades o procesos de un **sistema no reducible** a las propiedades o procesos de sus partes constituyentes. El concepto de **emergencia** se relaciona estrechamente con los conceptos de **auto-organización** y **supervivencia**, se define en oposición a los conceptos de **reduccionismo** y **dualismo**, y considera que "**el todo, es más que la suma de las partes**".

(Fuente: Wikipedia)

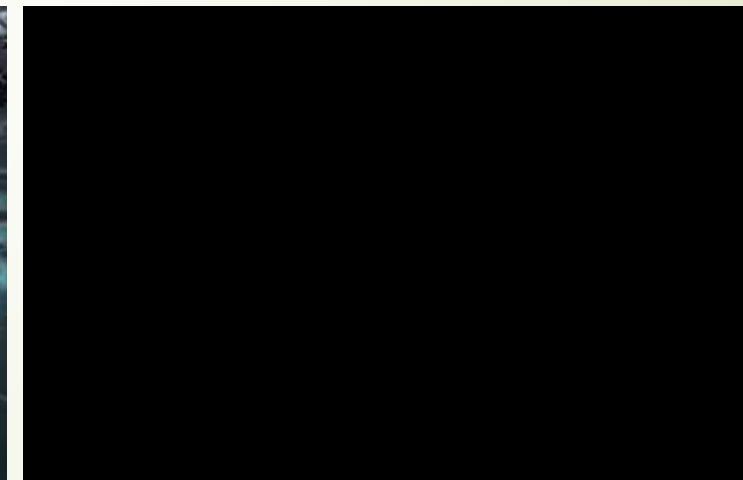
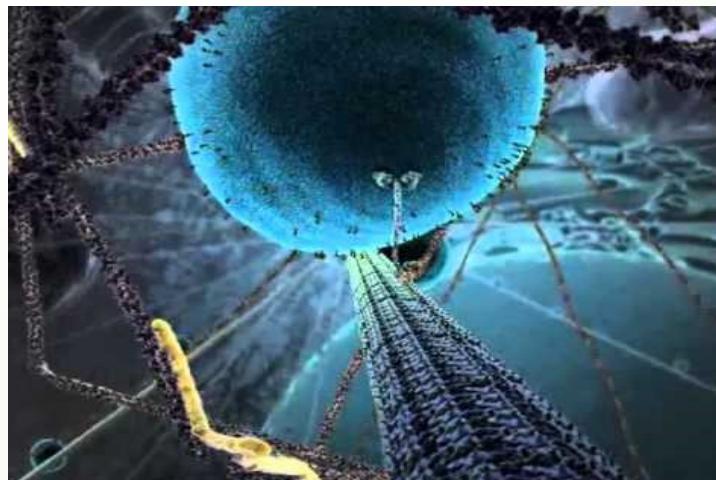
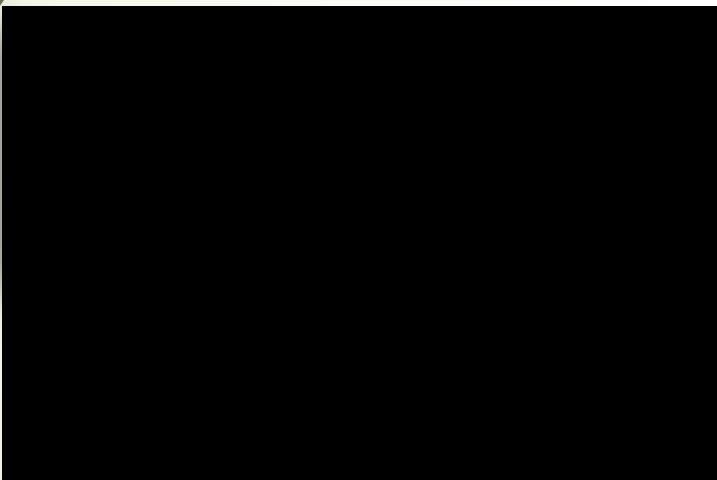
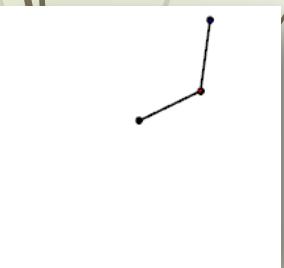
# Definición de sistemas complejos

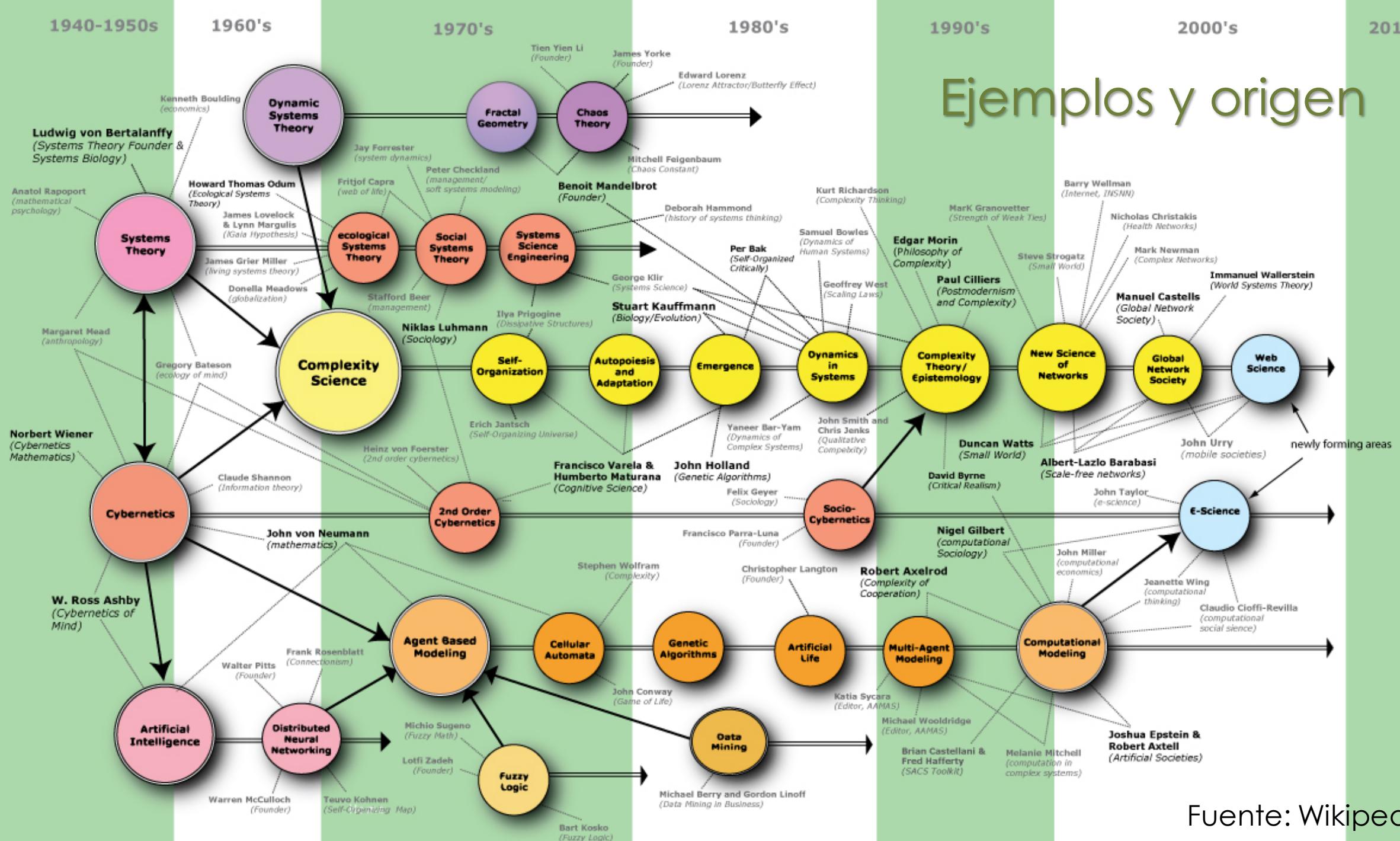
## ► Propiedades sistemas complejos:

- Conectados
- Interdependientes
- Adaptativos
- Emergentes (más que la suma de sus partes)
- No promediables
- Fuera de equilibrio (estadísticos)
- No lineales
- Dependientes de la trayectoria
- Diversos

## Ejemplos y origen

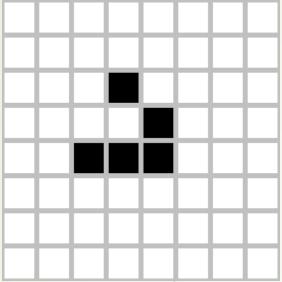
- ▶ Sistemas **sin promedio representativo** y/o **auto-organizados** en física estadística
- ▶ Sistemas **caóticos** y **no lineales**
- ▶ Sistemas **tecnológicos** y **robóticos**
- ▶ Sistemas **biológicos** y **humanos**





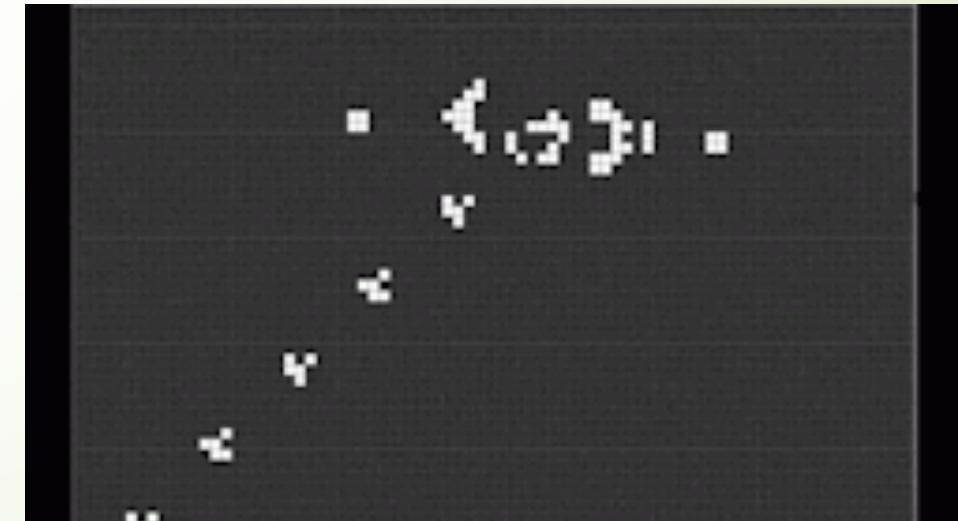
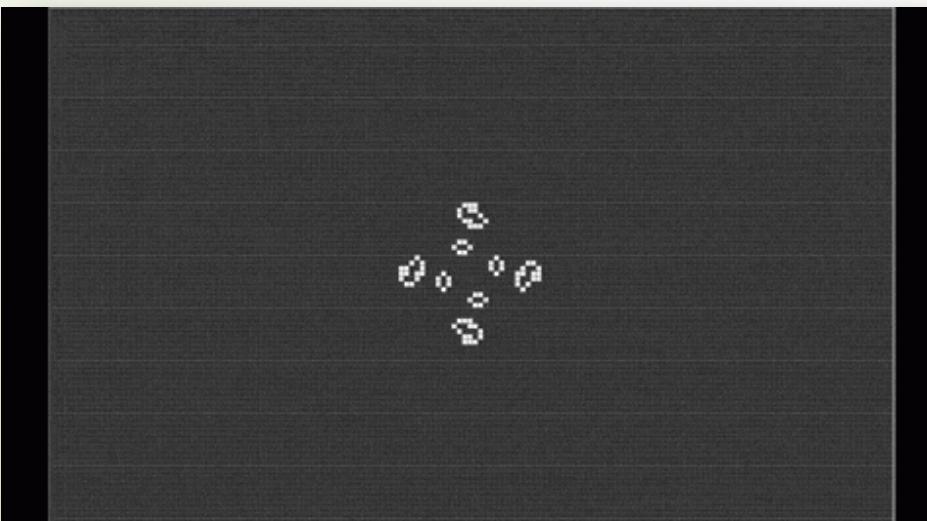
## Ejemplos y origen

Fuente: Wikipedia



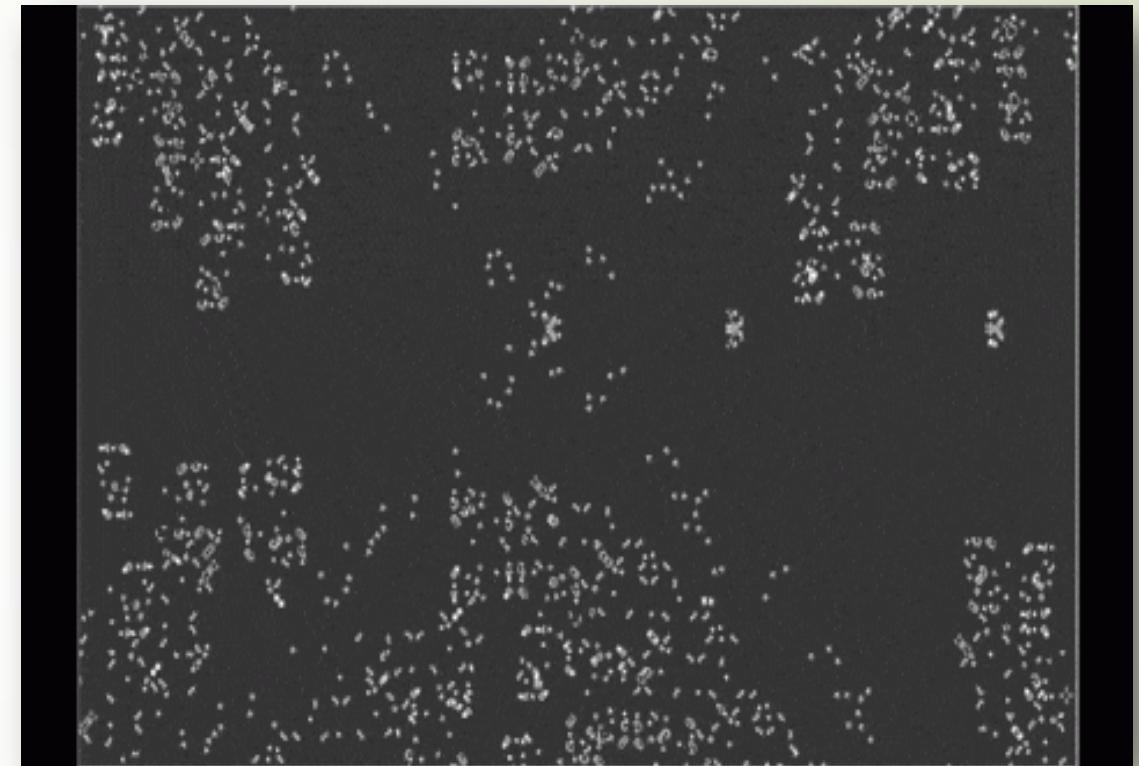
# Autómatas celulares

- Modelo matemático de un sistema dinámico compuesto de múltiples componentes que evolucionan en pasos discretos como resultado de interacciones locales.
- Historia:
  - **1950s:** John von Neumann inventa los autómatas celulares
  - **1970s:** John Horton Conway inventa el autómata celular más famoso: el Juego de la vida (Life)
  - **1980s:** Stephen Wolfram enumera y analiza sistemáticamente el caso de una dimensión

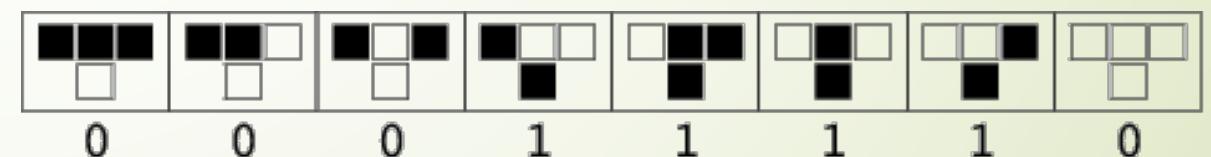


# Autómatas celulares

► Autómata Celular **bidimensional**



► Regla Autómata Celular **unidimensional**



# Ejercicios autómatas celulares

► **VER CÓDIGO MATHEMATICA**



**BREAK / INTERMEDIO**

# Redes complejas

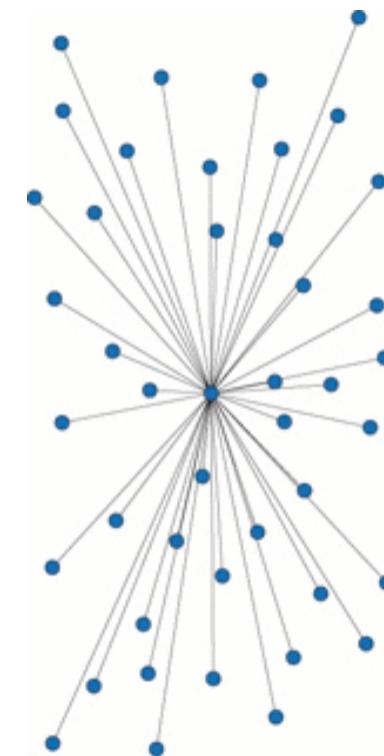
Definición

Ejemplos amplios (del taller)

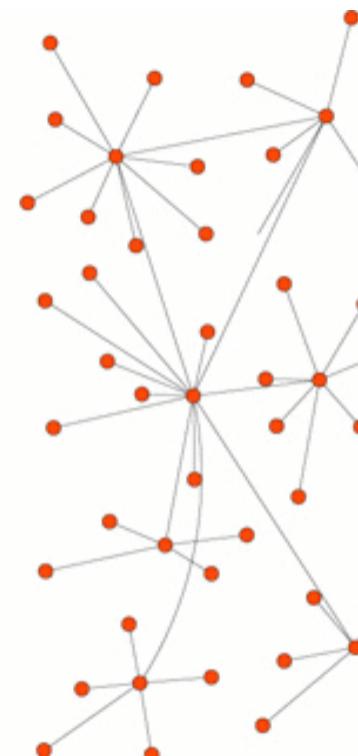
**Ejemplos** dados por participantes

# ¿Qué es una red compleja?

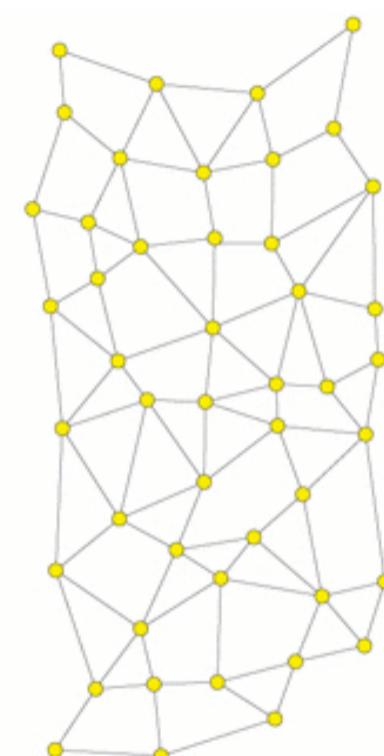
- En el contexto de la teoría de redes una **red compleja** es una red (o grafo) con **propiedades estadísticas y topológicas no triviales**. Por ejemplo:
  - Distribuciones de grado no homogénea
  - Estructuras jerárquicas o comunitarias
  - Distancias de mundo pequeño
  - **Cohesividad** local alta
- Ejemplos de redes complejas:
  - Redes sociales
  - Redes neuronales
  - Redes de transporte
  - Redes biológicas
  - Redes tróficas



RED CENTRALIZADA



RED DESCENTRALIZADA



RED DISTRIBUIDA

# Ejemplos de redes

# Ejemplos redes humanas/sociales

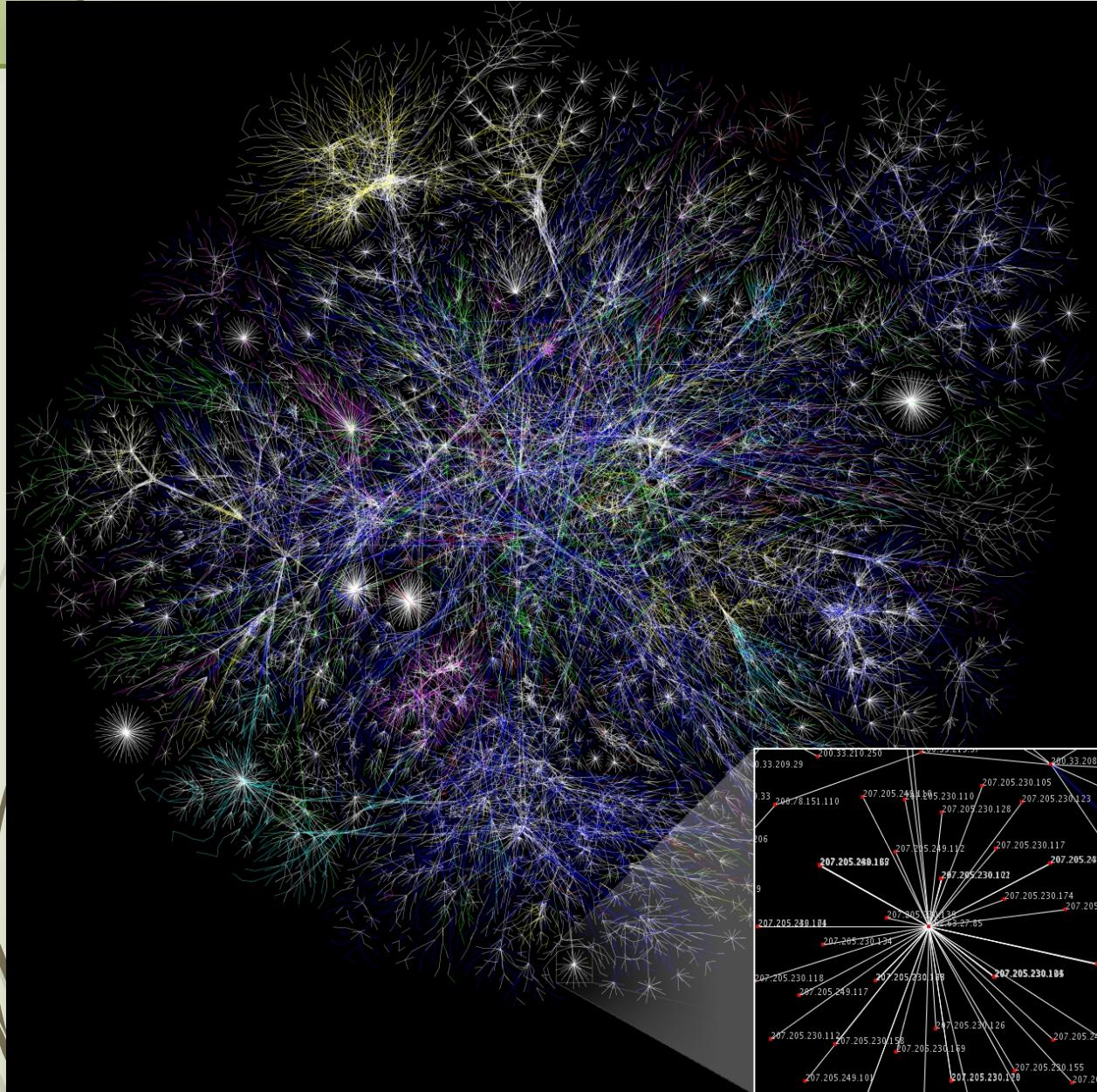
<b>Tipo de Red</b>	<b>Nodos o Vértices</b>	<b>Enlaces o Aristas</b>
Redes de amistad	Personas	Amistad
Redes Epidemiológicas	Pacientes	Interacciones de contagio potencial
Redes de Coautores	Autores	Colaboración en una obra
Redes de Actores	Actores	Participación en la misma película
Redes de Gestión	Miembros de una organización	Relación de autoridad
Redes de Opinión	Personas	Interacciones de argumentación
Redes de Twitter	Usuarios Twitter	Seguir una cuenta

# Redes tecnológicas y de infraestructura

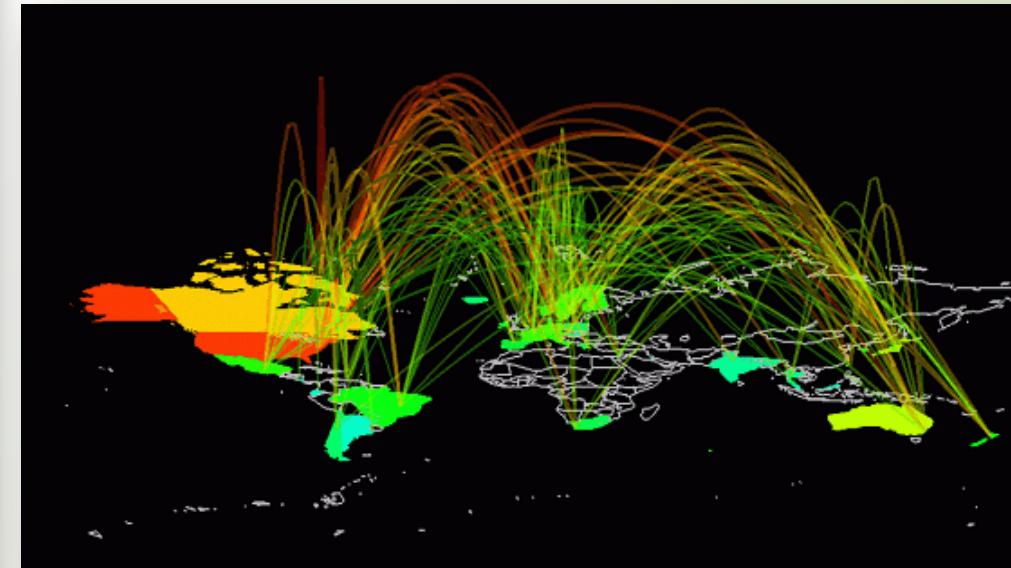
<b>Tipo de Red</b>	<b>Nodos o Vértices</b>	<b>Enlaces o Aristas</b>
Redes WWW	Páginas web	Enlace HTML
Redes Computacionales	Computadoras	Conexiones internet
Sistema Interconectado	Generadores, distribuidores, consumidores	Conexiones eléctricas
Redes de Telecomunicación	Emisores, distribuidores, receptores	Participación en la misma película
Redes de Transporte Aéreo	Aeropuertos	Rutas aéreas
Redes de Transporte Marítimo	Puertos	Rutas de navegación
Redes de Transporte Terrestre	Ciudades	Autopistas / Vías férreas

## ► Páginas web y enlaces

# Algunas redes asociadas a internet



## ► Tráfico de internet



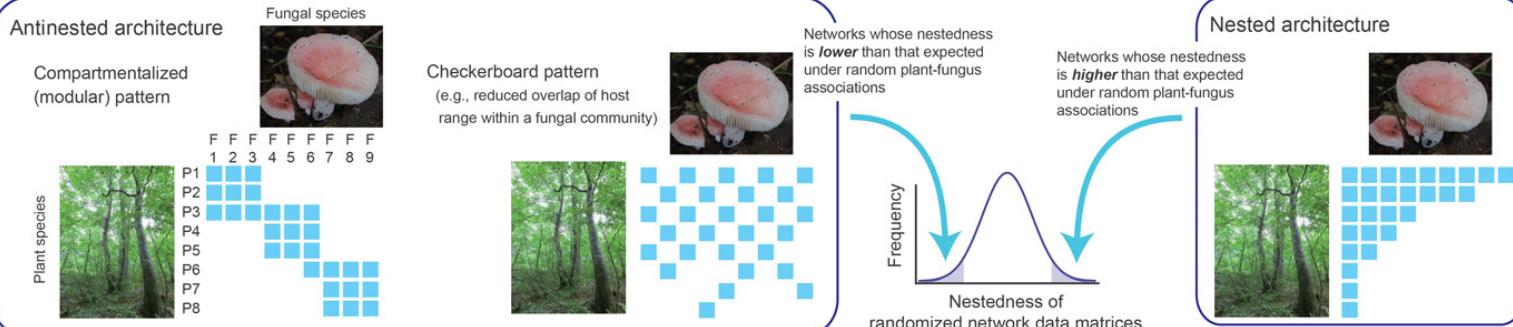
# Ejemplos redes biológicas

<b>Tipo de Red</b>	<b>Nodos o Vértices</b>	<b>Enlaces o Aristas</b>
Red Trófica (ecológica)	Organismos	Quién se come a quién
Red Simbiótica (ecológica)	Organismos	Quién ayuda a quién
Red Metabólica	Metabolitos	Procesos metabólicos
Red Neurológica	Neuronas	Conexiones sinápticas
Red de Comunicación Celular	Células	Comunicación celular
Red de Regulación Genética	Segmentos de ADN (genes)	Factores de transcripción (ARN, proteínas)
Red de Interacción entre Proteínas	Proteínas	Interacciones bioquímicas y biofísicas
Red de Comunicación Celular	Componentes biológicos	Señales / información
Red de Co-Expresión Genética	Genes	Co-expresión (proteínas, ARNt, etc.)

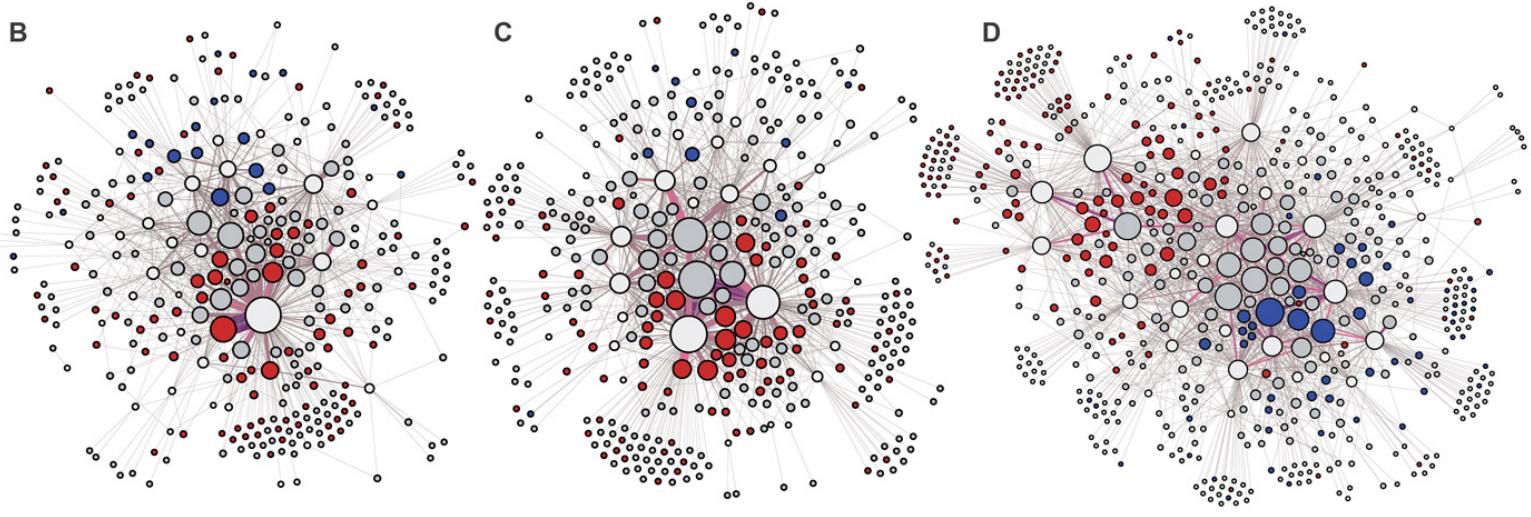
# Algunas redes ecológicas

- Red de plantas (círculos blancos) y fungi (hongos) que las colonizan

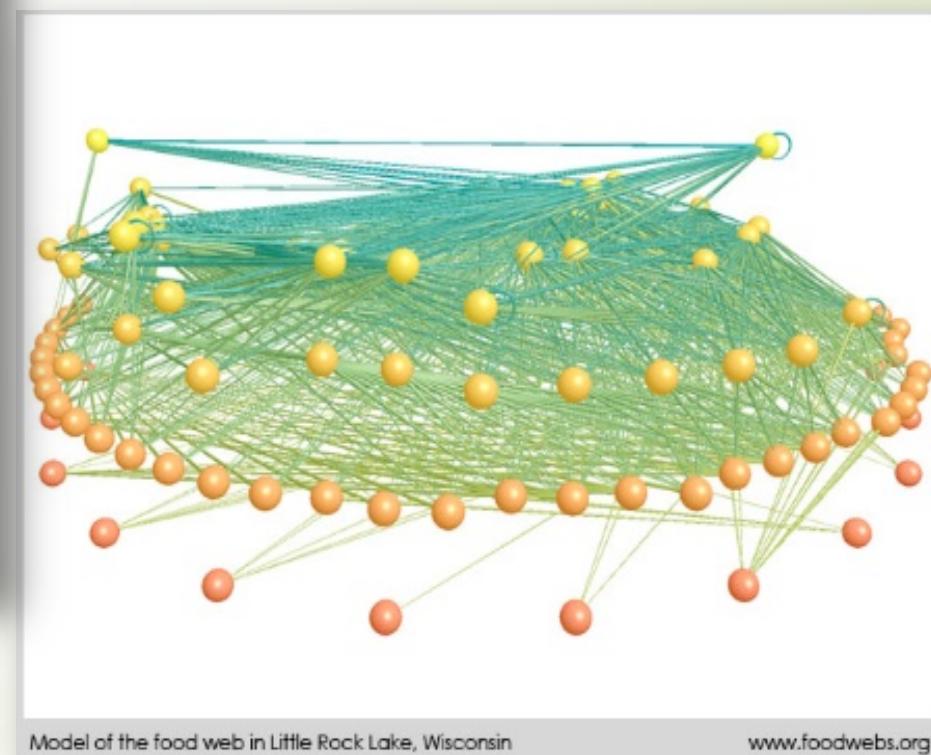
A



B



► Red trófica



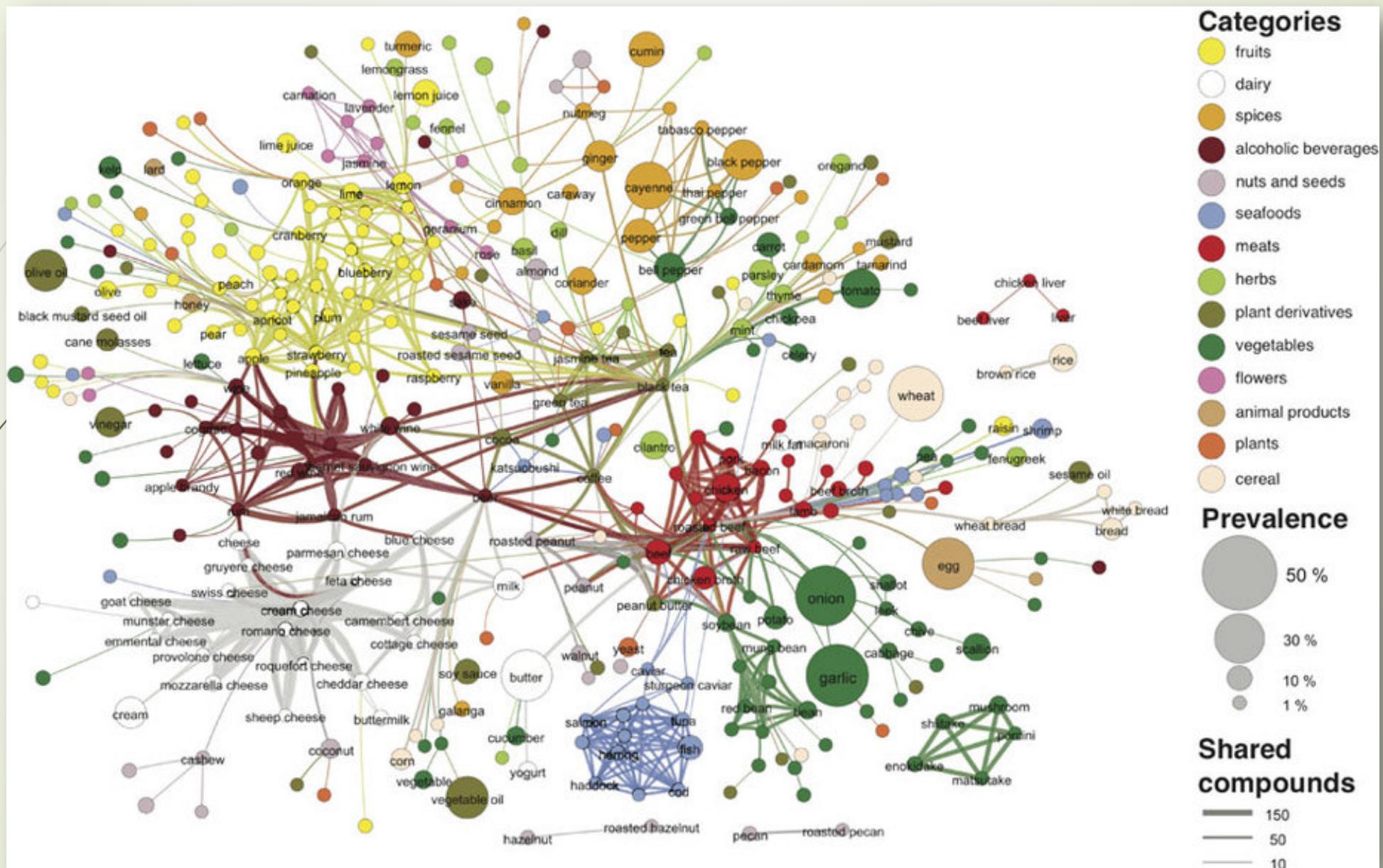
# Ejemplos redes físicas

<b>Tipo de Red</b>	<b>Nodos o Vértices</b>	<b>Enlaces o Aristas</b>
Redes de Fuerza: Materiales Complejos	Puntos de tensión	Tensores y columnas
Redes de Interacción Efectiva	Componentes físicos	Interacciones efectiva
Redes de Avalanchas y Terremotos	Puntos de actividad	Interacciones físicas
Red cosmológica	Aglomeraciones de materia	Filamentos de materia

# Ejemplos redes virtuales

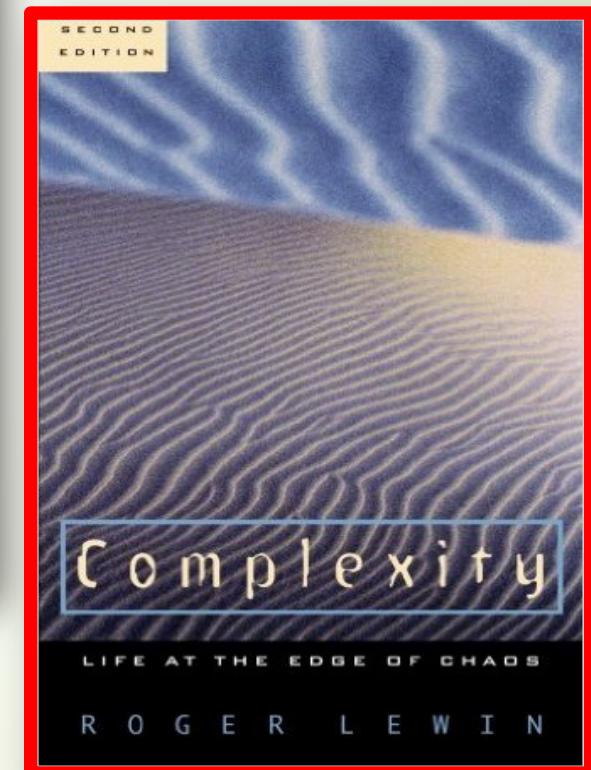
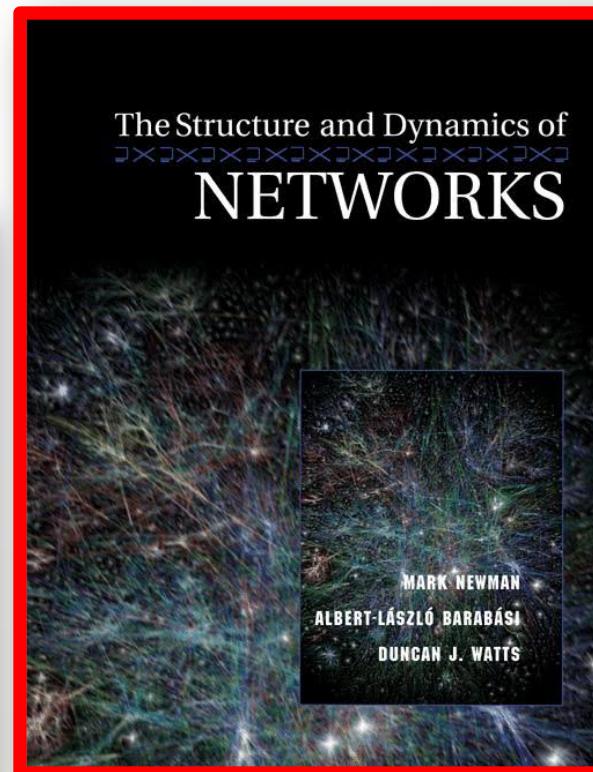
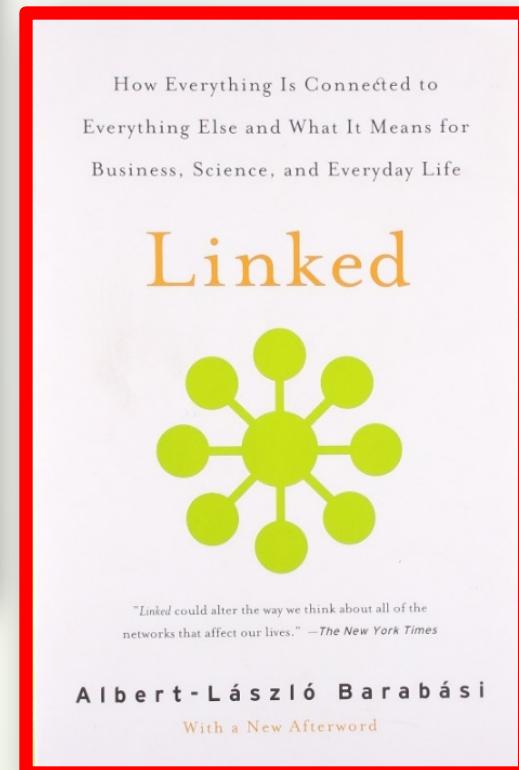
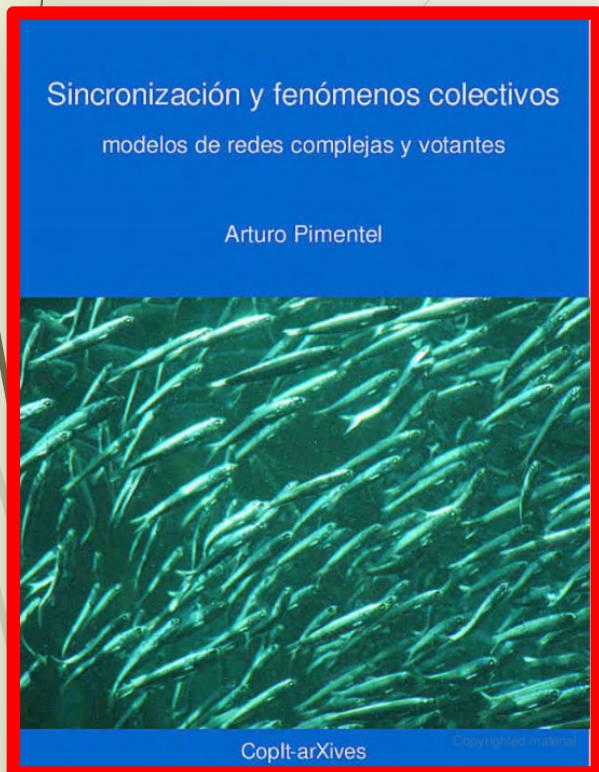
<b>Tipo de Red</b>	<b>Nodos o Vértices</b>	<b>Enlaces o Aristas</b>
Redes de Enfermedades	Enfermedades	Síntomas o comunes
Redes de “Suena como Chino”	Lenguajes	Lenguaje que le “suena como Chino” a otro
Redes Económicas	Actores económicos	Influencia económica
Redes de Influencia	Actores influyentes	Influencias variadas
Redes de Comida	Comidas	Ingredientes en común
Redes Globales	Actores globales	Acciones influyentes en algún aspecto
Redes Neuronales	Operadores lógicos	Inputs/Outputs lógicos

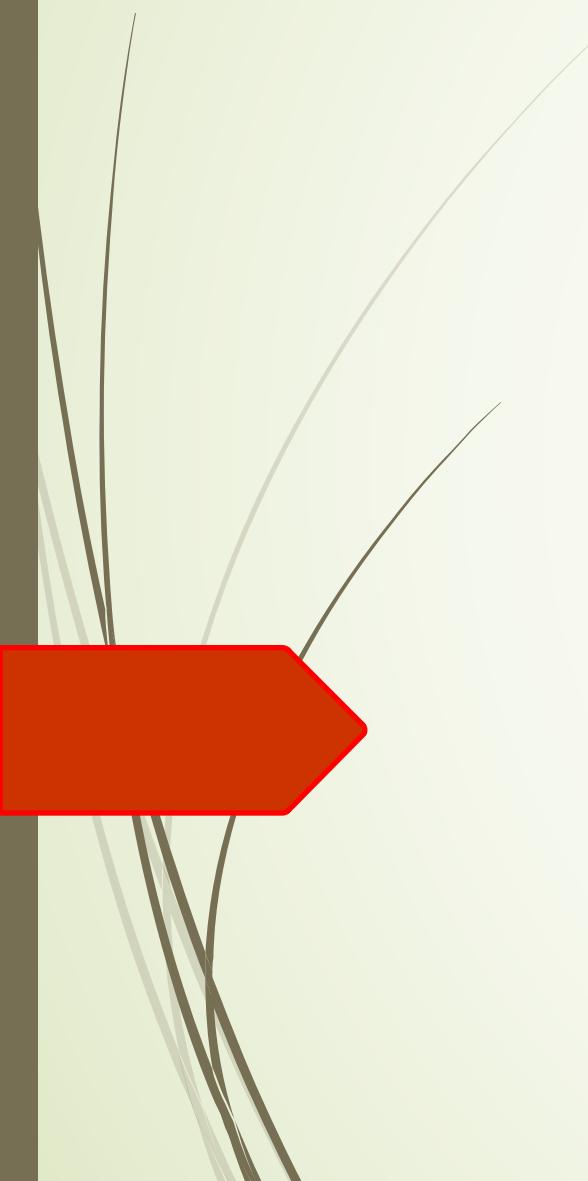
# Una red de sabores



# Algunos Libros de Divulgación Relacionados con Redes Complejas y Sistemas Complejos

(daré otros pronto, espero encontrar más en español)





*Fin*

...de la primera sesión del taller