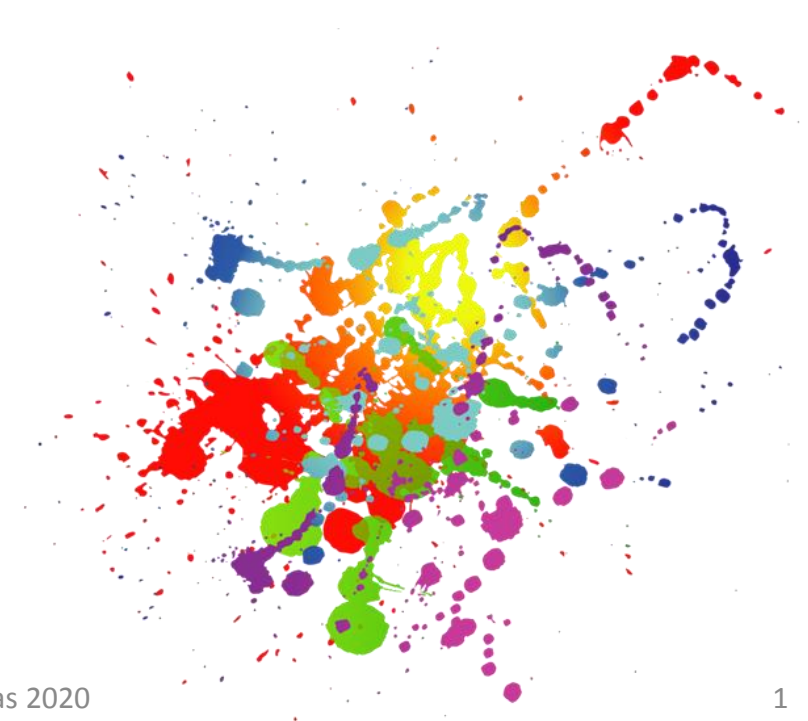


# Sistemas Complejos y Teoria de Redes



Dr. Ariel Chernomoretz

# Sobre el curso

- Nombre

- Grado: *Introducción a Redes Complejas con Aplicaciones a Biología de Sistemas (FIS870183)*
- Posgrado: *Sistemas Complejos y Teoría de Redes con Aplicaciones a Biología de Sistemas (DOC8800776)*

- Recursos:

[materias.df.uba.ar/scytda2020c1/](https://materias.df.uba.ar/scytda2020c1/)



@df\_redes



# Régimen teórico-práctico

Fecha	Teórica		Biblio	Prácticas
04/14/2020	01_Sistemas Complejos	pdf		G0: Git / Python / R
04/16/2020	02_Redес Sociales 1	pdf		G1: SNA
04/21/2020	03_Redес Sociales 2	pdf		TC1: <u>Conceptos Basicos</u>
04/23/2020	04_IntroBio v02	pdf		
04/28/2020	05_Redес Biologicas	pdf		
04/30/2020	06_Conceptos Basicos	pdf		G2: <u>Conceptos Basicos</u>
05/05/2020	07_Estructura a gran escala	pdf		TC2: <u>Estructura a gran escala</u>
05/07/2020	08_Correlaciones en la red	pdf		
05/12/2020	09_Centralidad	pdf		
05/14/2020	10_Centralidad Letalidad	pdf		TC3: Centrality-Lethality Rule
05/19/2020	11_Random Networks I	pdf		G3: <u>Redes Aleatorias</u>
05/21/2020	12_Random Networks II	pdf		
05/26/2020	13_Similaridad-Community Structure	pdf		
05/28/2020	14_Community Structure 1	pdf		G4: <u>Comunidades</u>
06/02/2020	15_Community Structure 2	pdf		TC4: <u>Comunidades</u>
06/04/2020	16_Gene Ontology / Integracion de espacios	pdf		
06/09/2020	17_Caminos y Laplacianos	pdf		
06/11/2020	18_Network Prioritization	pdf		Entrega G4/TC4
06/16/2020	<u>consultas proyecto</u>			
06/18/2020				
06/23/2020				
06/25/2020				
06/30/2020				PF: 1era presentacion oral (5')
07/02/2020	<u>consultas proyecto</u>			
07/07/2020				
07/09/2020				PF: 2da presentacion oral (5')
07/14/2020				
07/16/2020				Practica Full (No hay teorica)
07/21/2020	<u>consultas proyecto</u>			
07/23/2020				
07/28/2020				PF: presentacion oral final (15')

- Guías de problemas: 4
- Trabajos Computacionales
  - 4 Guías Computacionales
  - 1 Proyecto paper
- **Proyecto final (grupos)**

## Aprobación:

- Prácticas:
  - Guía de problemas
  - Tr. Computacionales
- Teóricas:
  - Proyecto final

# Sobre el curso

- Textos

- “Networks: an Introduction”, Mark Newman
- “Network Science”, Albert-Laszlo Barabasi  
<http://barabasi.com/networksciencebook/>  
<http://barabasilab.neu.edu/networksciencebook/downloadPDF.html>
- “Networks, crowds and markets”, Easley & Kleinberg.  
<http://www.cs.cornell.edu/home/kleinber/networks-book>

- Papers:

- Ver pagina de materia:
  - Material Adicional > Repositorio

# Sobre el curso

- Textos

- “Networks: an Introduction”, Mark Newman

- “Network Science”, Albert-Laszlo Barabasi

- <http://barabasi.com/networksciencebook/>

- <http://barabasilab.neu.edu/networksciencebook/downloadPDF.html>

- “Networks, crowds and markets”, Easley & Kleinberg.

- <http://www.cs.cornell.edu/home/kleinber/networks-book>

- Papers:

- Ver pagina de materia

Vivimos en un mundo complejo

# Sistemas Complejos

RAE:

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

1. adj. Que se compone de elementos diversos.
2. adj. complicado ( 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.
6. m. Psicol. Conjunto de ideas, emociones y tendencias generalmente reprimidas y asociadas a experiencias del sujeto, que perturban su comportamiento.

# La verdad oculta en las palabras

RAE:

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

1. adj. Que **se compone de elementos diversos**.
2. adj. complicado ( 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.
6. m. Psicol. Conjunto de ideas, emociones y tendencias generalmente reprimidas y asociadas a experiencias del sujeto, que perturban su comportamiento.



WIKIPEDIA  
La enciclopedia libre

## Sistema complejo

Un **sistema complejo** está compuesto por **varias partes interactuantes**. 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**.

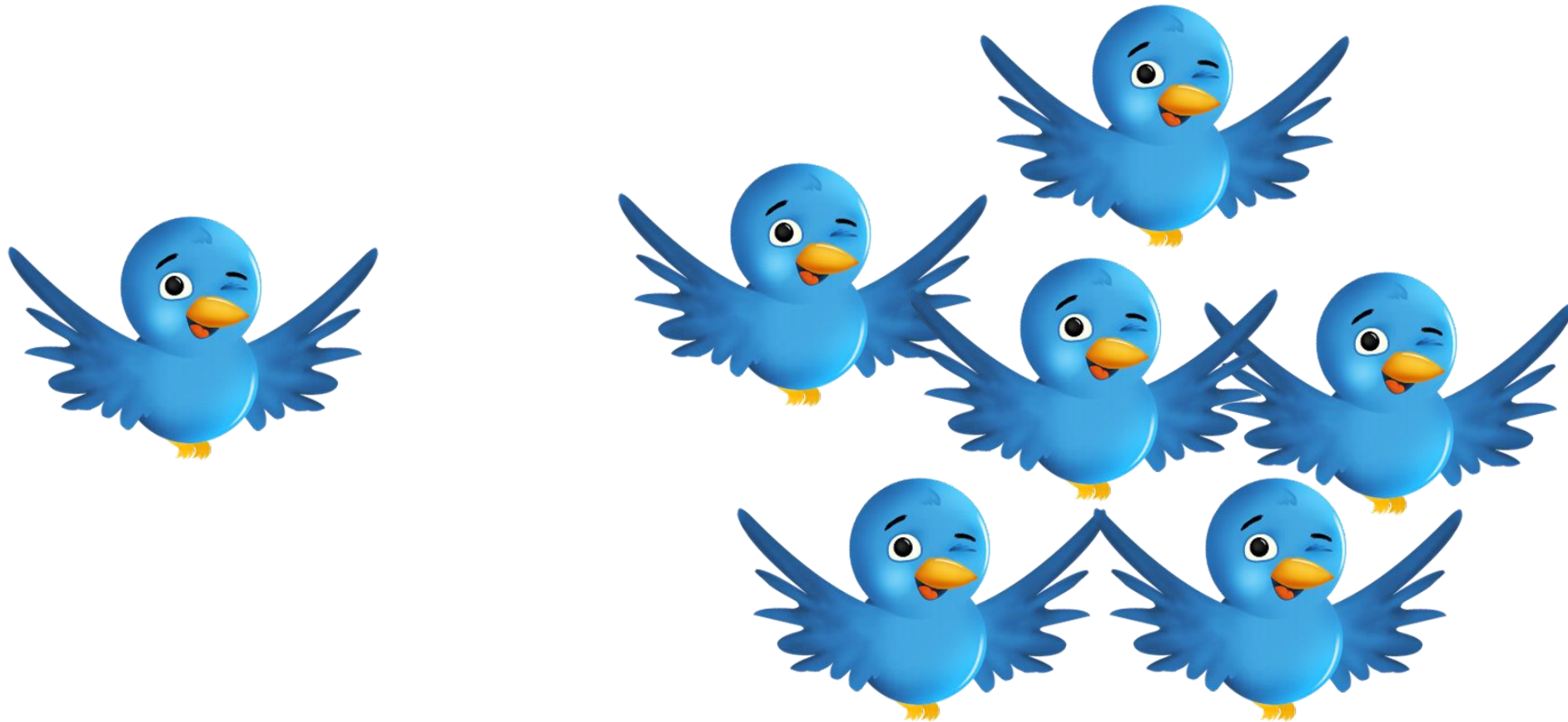


# Sistemas Complejos y Pajaritos



Cada pájaro aprende cómo volar desde sus primeros días

# Sistemas Complejos y Pajaritos



Qué reglas sigue **un** pájaro para volar?

Cómo funciona un **sistema** formado por **muchos** pájaros?

# Sistemas Complejos y Pajaritos



# Sistemas Complejos y Pajaritos

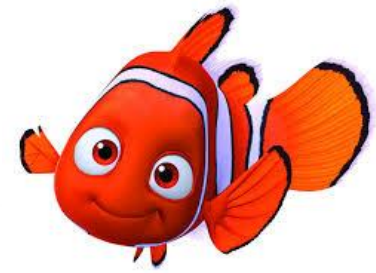


## 3 reglas para volar c/amigos

1. Mantenerse cerca de otros (pero no demasiado!)
2. Volar a una velocidad parecida que mis vecinos
3. Tratar de ir hacia el centro

- Muchos elementos interactuantes
- Ausencia de control centralizado
- **Reglas simples** dan lugar a **comportamientos complejos** emergentes.

# Sistemas Complejos y peces

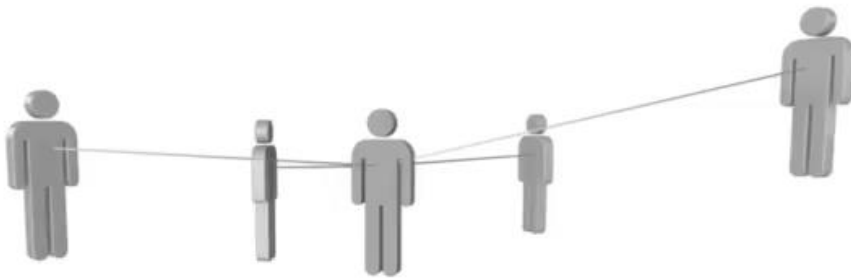


- muchos agentes
- leyes de interacción simples



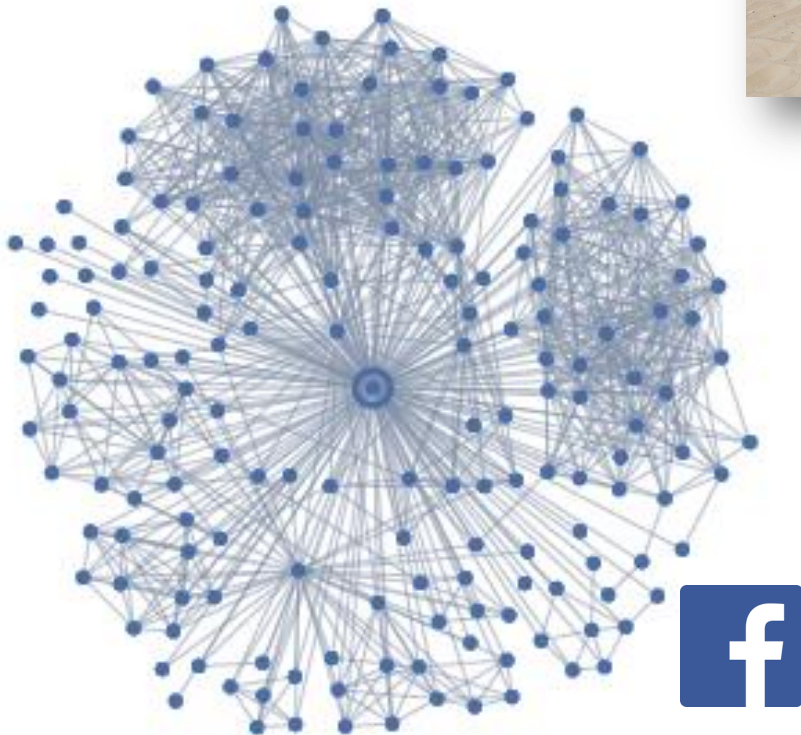
- ✓ **comportamientos emergentes** no-triviales pueden apreciarse a gran escala
- ✓ Estructura de organización en otra escala
- ✓ Aparece capacidad de desarrollar una **funcionalidad en esa escala**

# Patrones a gran escala ...nos dicen cosas





# Patrones a gran escala ...nos dicen cosas



# Sistemas Complejos

Comportamiento social (cocktail party)

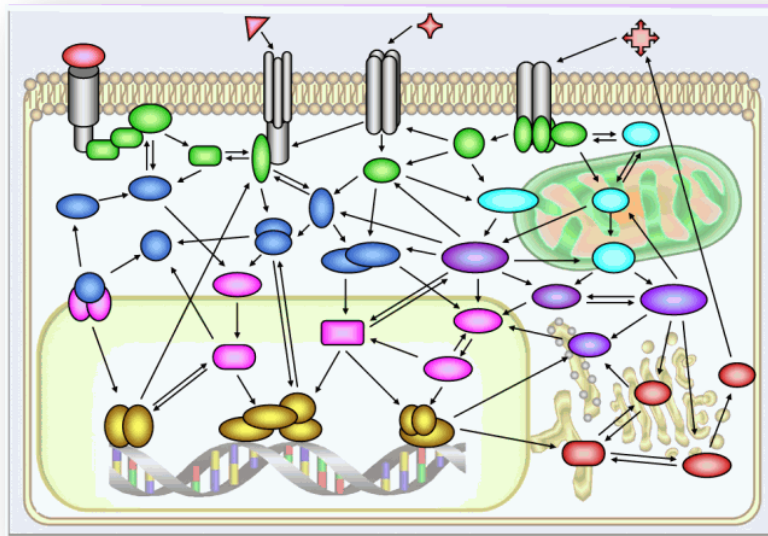


Comportamiento bursátil





# La célula como sistema complejo

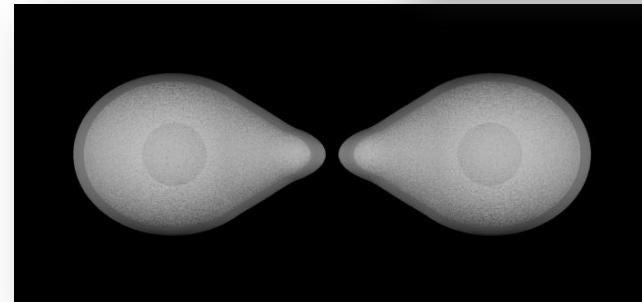


Escala *molecular*

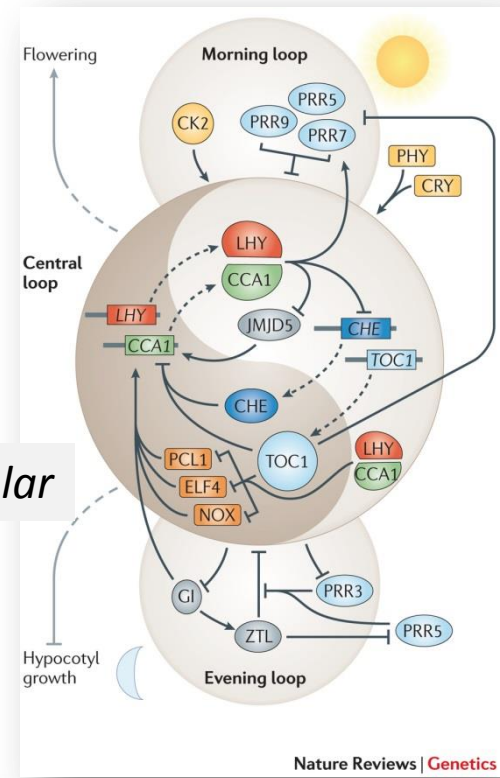
Biología como *propiedad emergente*

Escala *intra-celular*

Escala *celular*

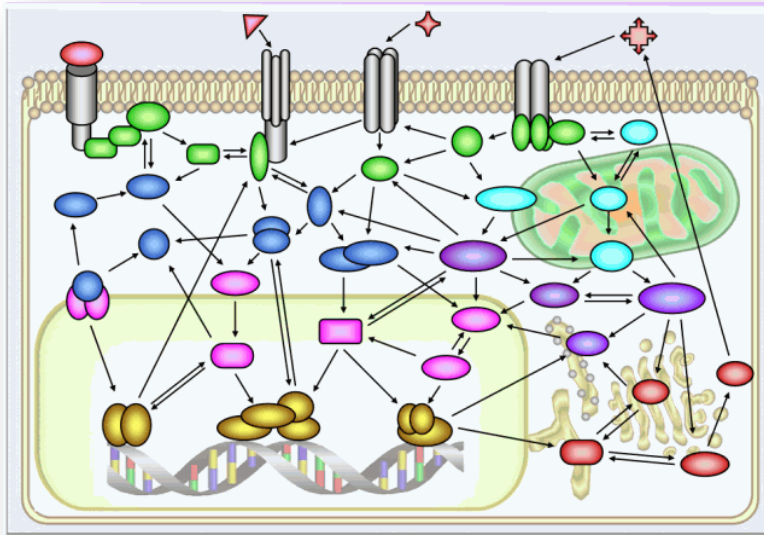


Escala *organismo*



Nature Reviews | Genetics

# Complejidad multiescala



## Escala *molecular*

- Sistema abierto
- Muchísimos grados de libertad
- Interacciones no-lineales
- Diferentes escalas espacio-temporales

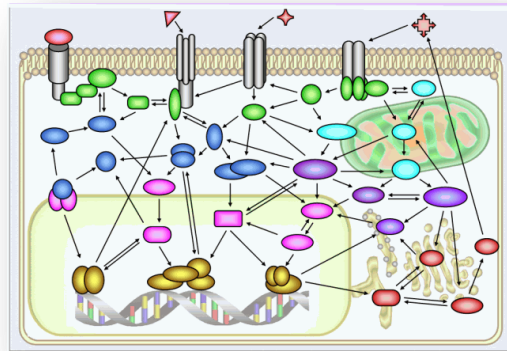


## Escala *celular*

- Funcionalidad biológica
- Fenotipo celular
- ...

Propiedades emergentes

# Más es diferente...



4 August 1972, Volume 177, Number 4047

## SCIENCE

less relevance they seem to have to the very real problems of the rest of science, much less to those of society.

The constructionist hypothesis breaks down when confronted with the twin difficulties of scale and complexity. The behavior of large and complex aggregates of elementary particles, it turns out, is not to be understood in terms of a simple extrapolation of the properties of a few particles. Instead, at each level of complexity entirely new properties appear, and the understanding of the new behaviors requires research which I think is as fundamental

### More Is Different

Broken symmetry and the nature of the hierarchical structure of science.

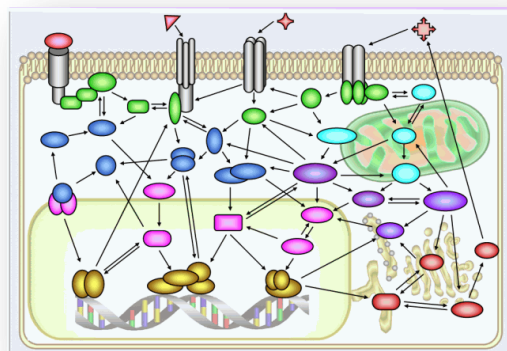
P. W. Anderson

### Reduccionismo ≠ Constructivismo

“...The ability to reduce everything to simple fundamental laws does not imply the ability to start from those laws and reconstruct the universe. ...”

“... The constructionist hypothesis breaks down when confronted with the twin difficulties of **scale and complexity**. The behavior of large and complex aggregates of elementary particles, it turns out, is not to be understood in terms of a simple extrapolation of the properties of a few particles. Instead, **at each level of complexity entirely new properties appear** and the understanding of the new behaviors requires research which I think is as fundamental in its nature as any other.

# Más es diferente...



4 August 1972, Volume 177, Number 4047

## SCIENCE

less relevance they seem to have to the very real problems of the rest of science, much less to those of society.

The constructionist hypothesis breaks down when confronted with the twin difficulties of scale and complexity. The behavior of large and complex aggregates of elementary particles, it turns out, is not to be understood in terms of a simple extrapolation of the properties of a few particles. Instead, at each level of complexity entirely new properties appear, and the understanding of the new behaviors requires research which I think is as fundamental

### More Is Different

Broken symmetry and the nature of the hierarchical structure of science.

P. W. Anderson

### Ciencia X

solid state or  
many-body physics  
chemistry  
molecular biology  
cell biology  
•  
•  
•  
psychology  
social sciences

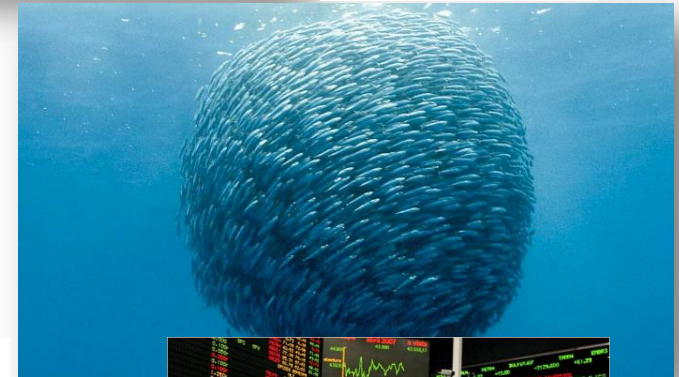
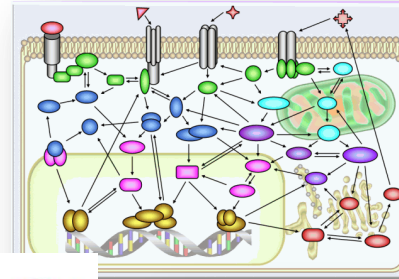
### Ciencia Y

elementary particle  
physics  
many-body physics  
chemistry  
molecular biology  
•  
•  
•  
physiology  
psychology

Que entidades elementales de la ciencia-X obedezcan leyes de la ciencia-Y, **no implica** que ciencia-X sea solamente ciencia-Y aplicada. 21

# Sistemas Complejos

- Sistemas abiertos
- Agentes + interacciones
- Ausencia de control centralizado
- Existencia de lazos de retroalimentación
- Estructura modular/jerarquica
- Reglas simples dan lugar a comportamientos complejos emergentes.

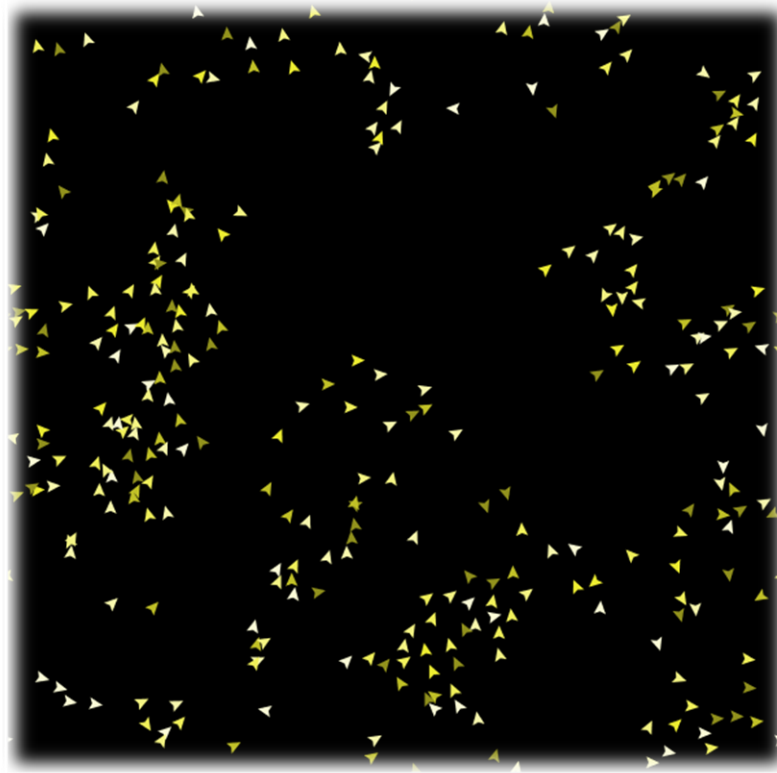




# NetLogo



Bandada (flock)





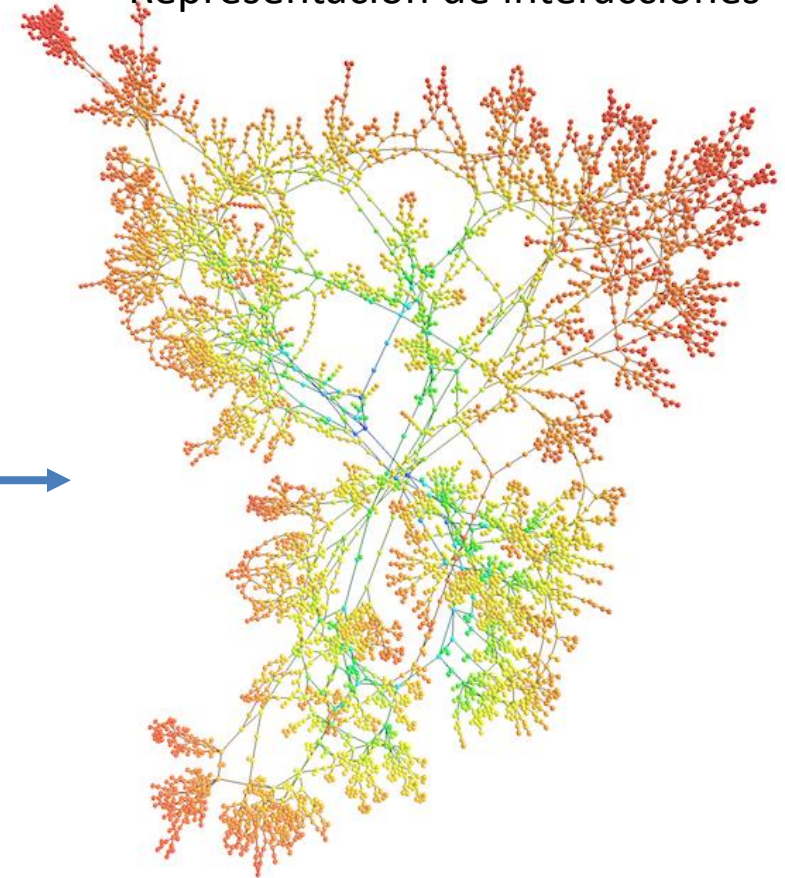
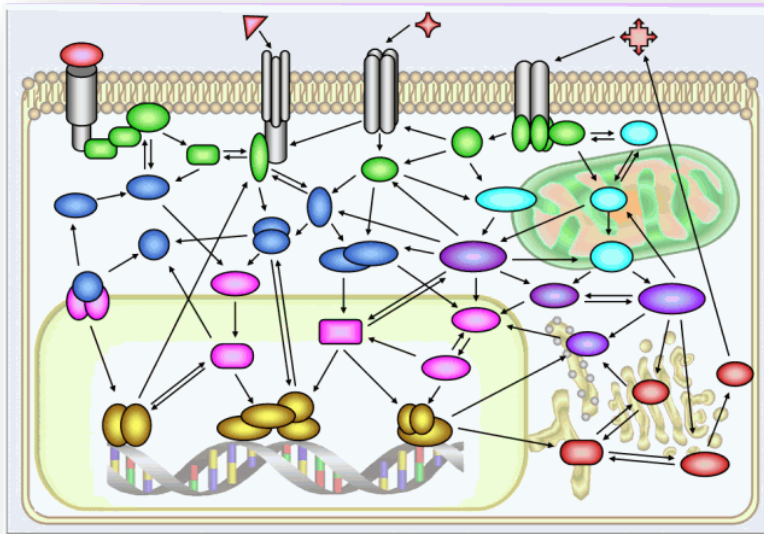
# Sistemas Complejos

- Diversos fenómenos pueden ser abordados como sistemas complejos: sociales, tecnológicos, biológicos, etc
- Detrás de cada **sistema complejo** es posible identificar una **red de interacciones** entre sus componentes
- **Teoría de redes**: caracterización de la estructura de interconexionado sobre la que se monta la complejidad del sistema



# La metáfora de redes

Representación de interacciones

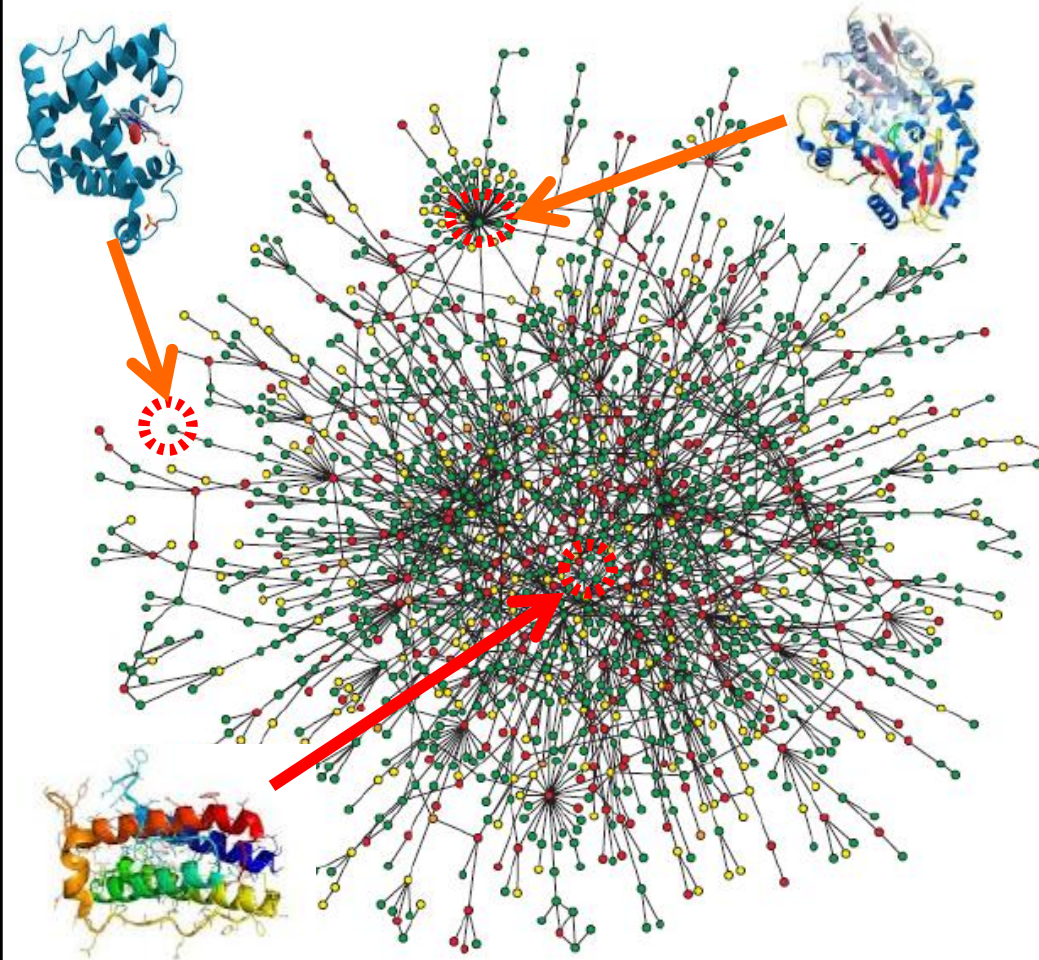


- **funcionalidad biológica**
- **estado global**
- **comportamiento a escalas mayores**



**patrones de conectividad y organización** locales y globales en redes

# Ejemplo: redes de interacción de proteínas



## Biología

- Escencialidad
- Funcion biológica
- Estudio de enfermedades

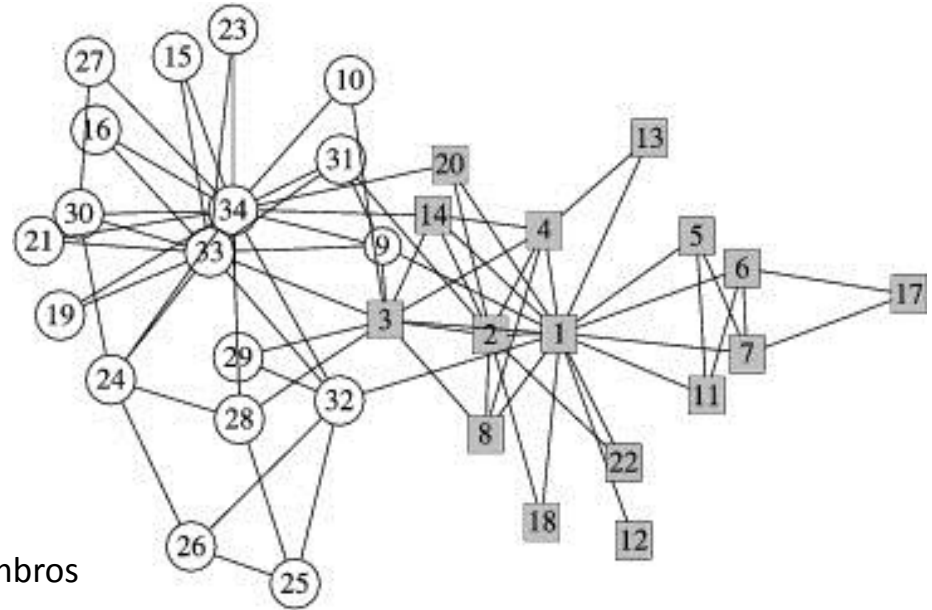
Però es posible 'aprender' biología a partir de la estructura de una red?

Veamos el siguiente ejemplo...

# Ejemplo: Redes sociales

## *Zachary's Karate club:*

- Club de karate observado por el antropólogo Wayne Zachary por 3 años
- Red de 34 miembros
- Dinámica social fuera de las actividades del club (78 interacciones documentadas)
- Durante el estudio, el club se dividió en 2: con 16 miembros cercanos al Sr. Hi (instructor, nodo ...), 18 miembros cercanos a Mr John A (administrador, nodo ...)
- Antes del colapso hubo intentos de reclutamiento desde ambos lados



## **An Information Flow Model for Conflict and Fission in Small Groups**

Wayne W. Zachary

*Journal of Anthropological Research*

Vol. 33, No. 4 (Winter, 1977), pp. 452-473

# Ejemplo: Redes sociales

Zachary's Karate club:



Zachary's Karate club club:

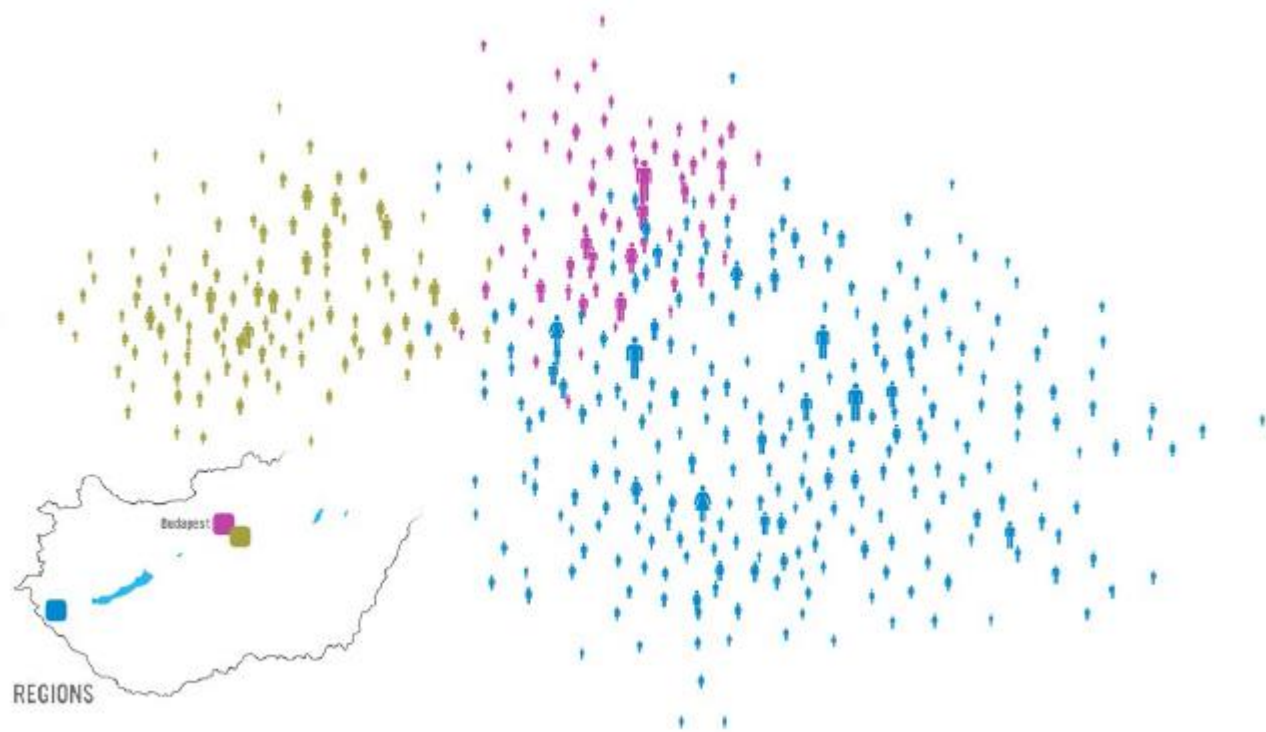


If your method doesn't work on this network then go home



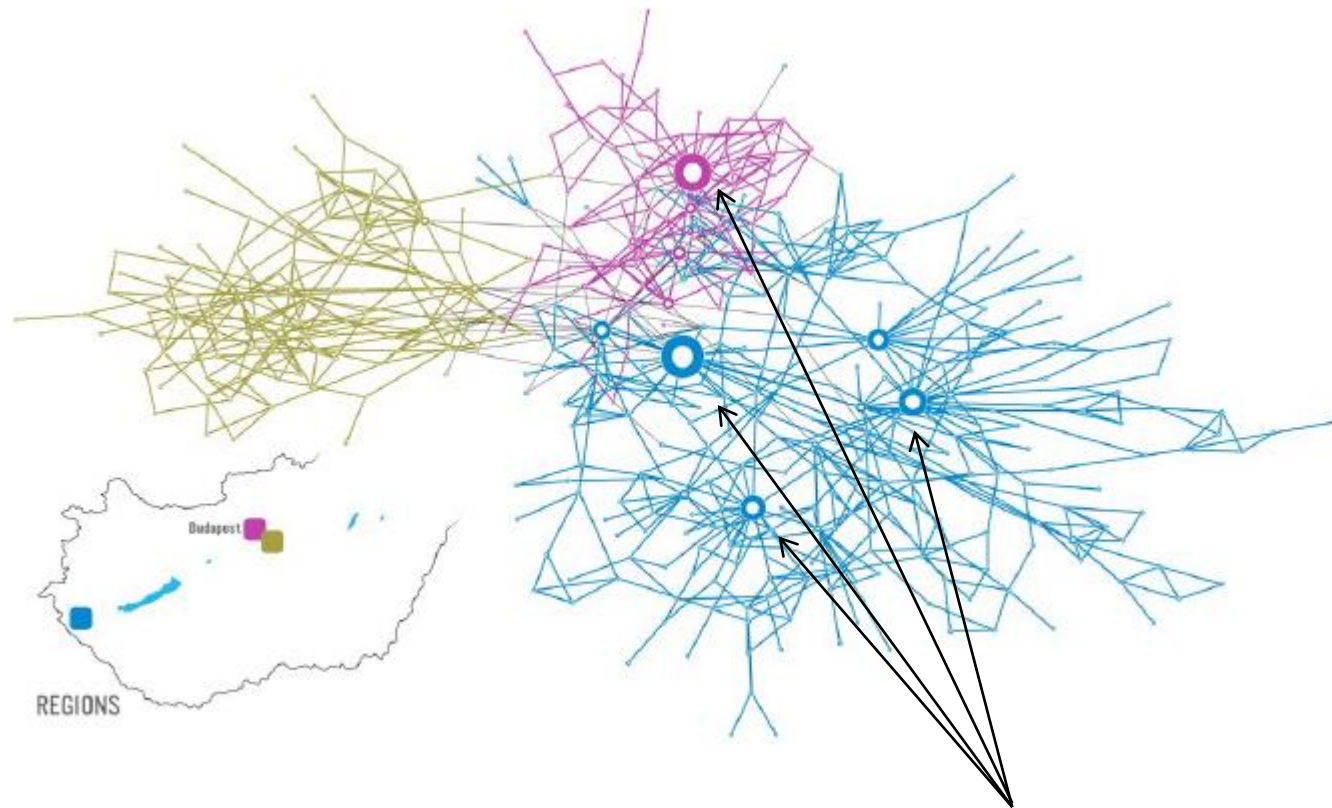
# Management

Problema de **flujo de información** en empresa Hungara



# Management

Mapeo de resultados a **lenguaje de grafos**: *¿a quién consultas para tomar decisiones?*



Identificación de individuos de alta influencia

# Management

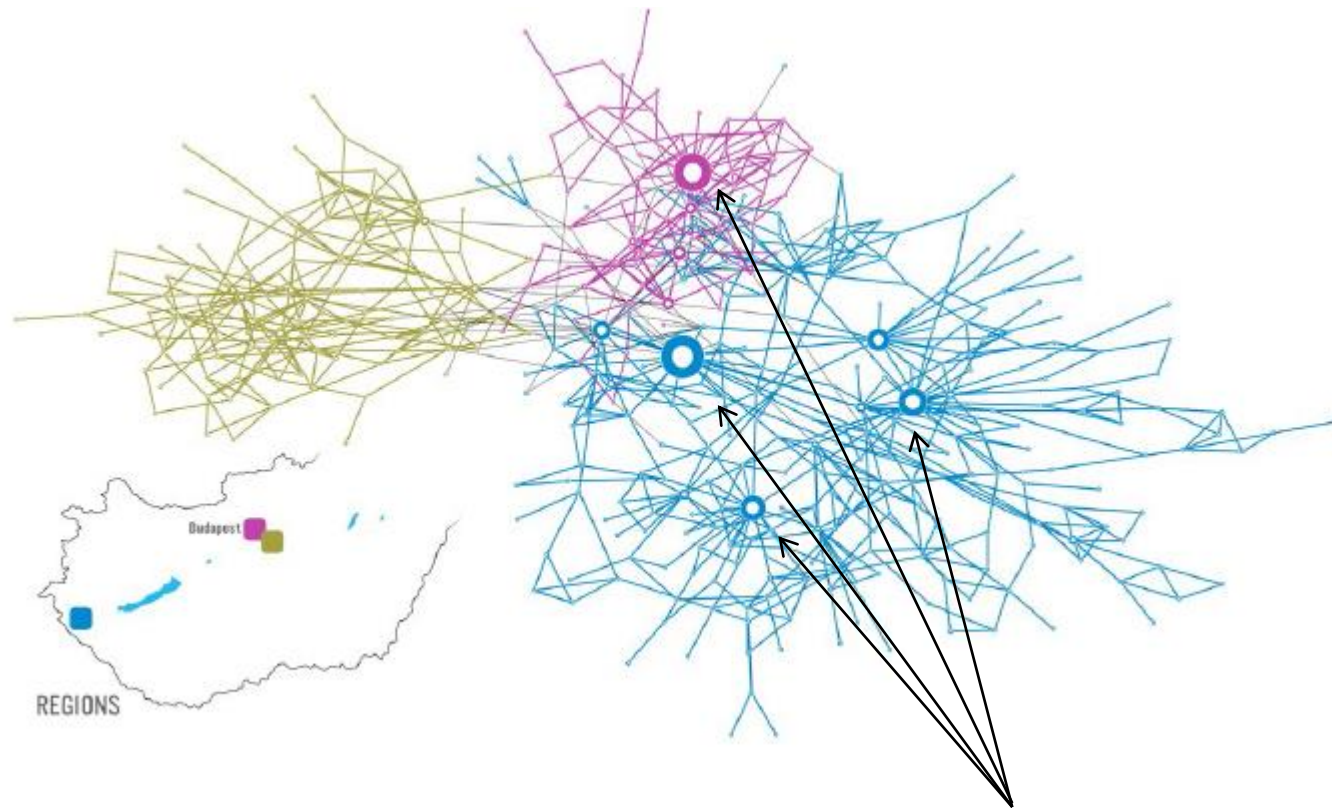
**Puesta en contexto:** ranking dentro de la jerarquía organizacional

- Ninguno de los hubs ocupan puestos de management
- Hubs provienen de rangos bajos: *managers, group leaders, associated*



# Management

Mapeo de resultados a **lenguaje de grafos**: *¿a quién consultas para tomar decisiones?*



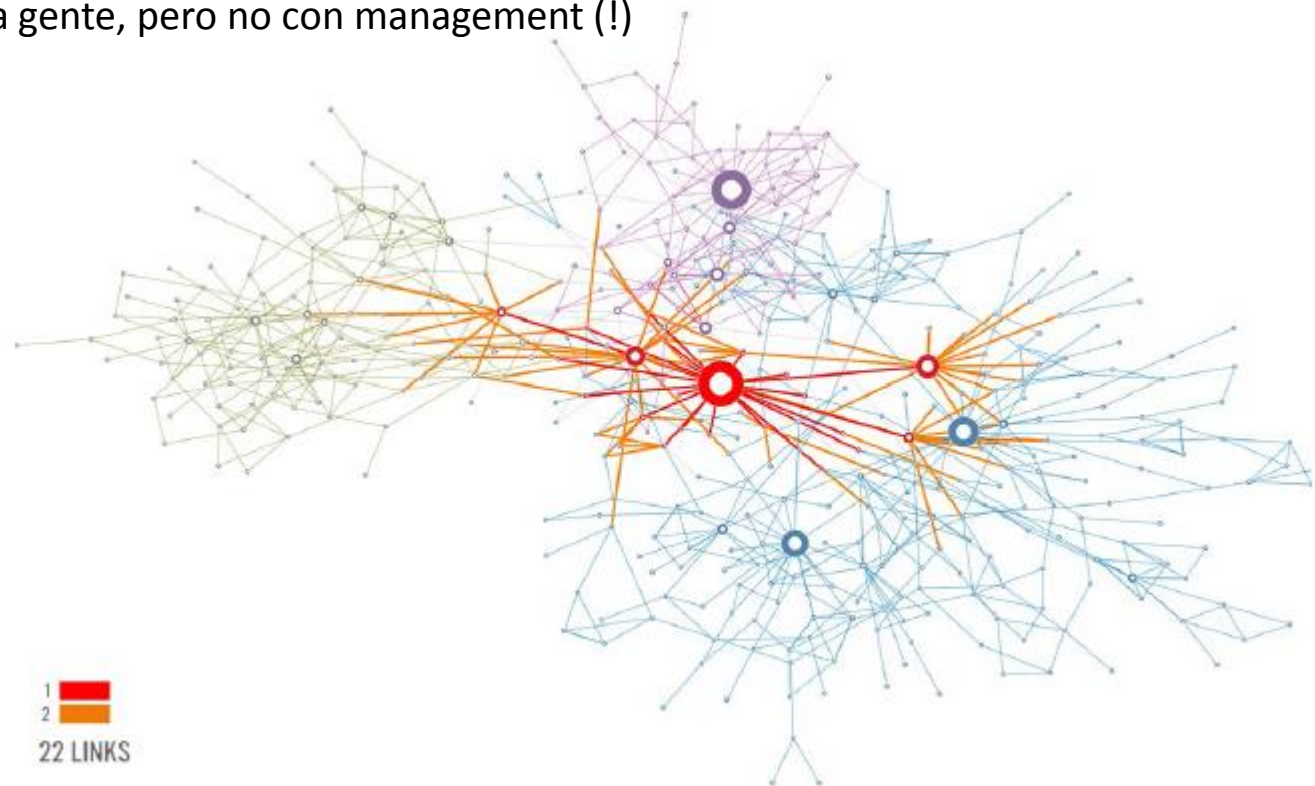
Identificación de individuos de alta influencia



# Management

## Red de influencia del empleado más conectado (1eros y 2dos vecinos)

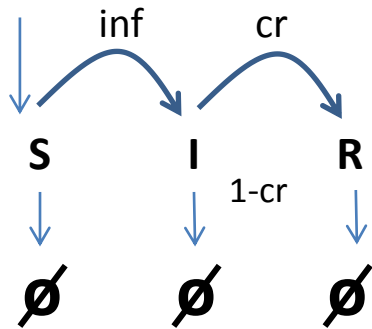
- Empleado de Seguridad y problemáticas ambientales
- Visita regularmente diferentes instalaciones
- Conectado con mucha gente, pero no con management (!)
- *Gossip center*



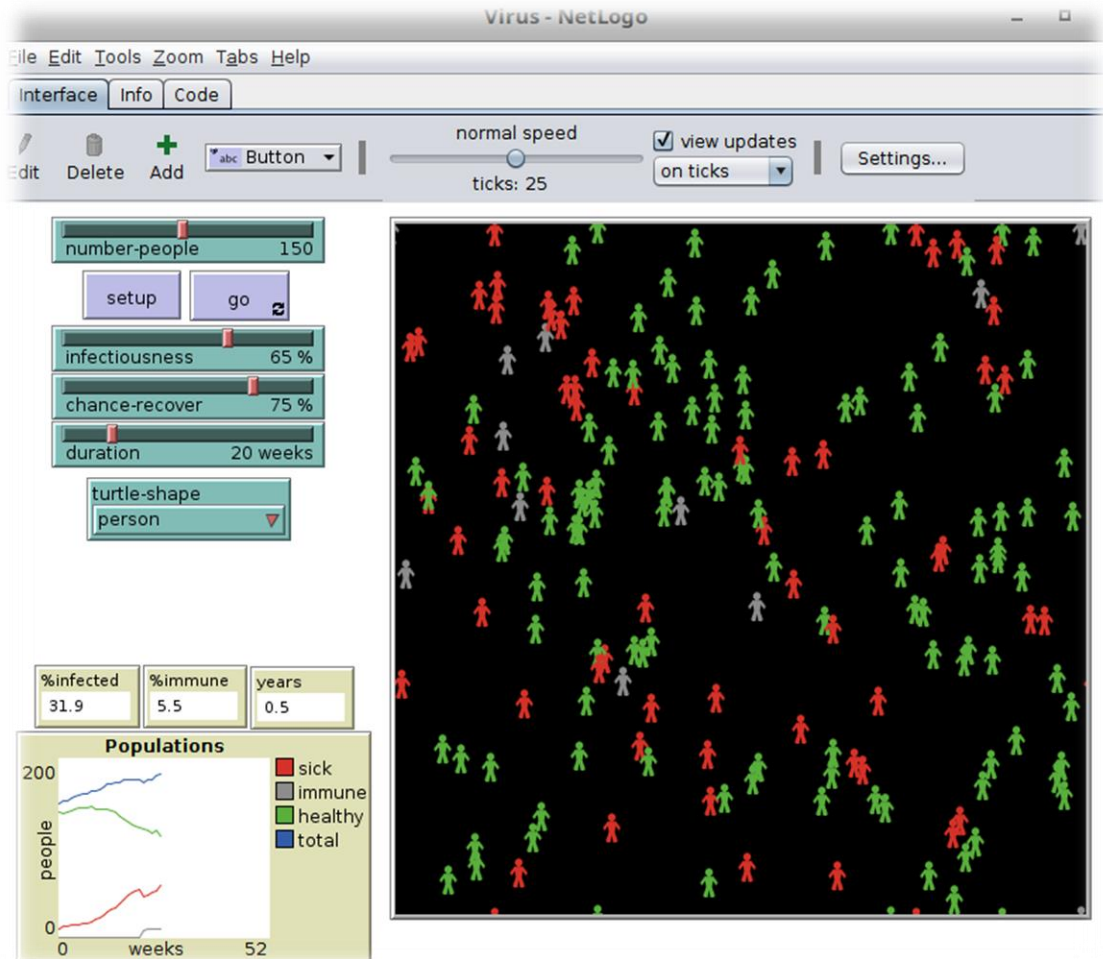
# COVID-19

# Dinamica SIR

## Virus Model



Parametros:  
Tiempo de vida: 50 años  
Tasa reproduccion:1%  
Inmunidad: 1año  
Carrying capacity:300



# COVID-19

13-04-2020 →

<http://modelingcommons.org>

NetLogo  
**Modeling Commons**

Register to share and participate | Forgot Password  
Email Address  Password  Login  
Start TogetherJS

Home List models Help Blog Search Models

## Welcome to the Modeling Commons!


The Modeling Commons is for sharing and discussing agent-based models written in [NetLogo](#). With more than 1,000 models, contributed by modelers from around the world, you're bound to learn something new.

Have you created a new NetLogo model? We would love to see it; please [register](#), and share it with us!











### Explore The Modeling Commons

- Search
- Suggestion: Search for 'disease'*
- List all 1,000+ models
- [List recently changed models](#)
- [Jump to a random model](#)
- [View projects \(model collections\)](#)
- [Help!](#)

### Want to share and participate?



 Fill out our [registration](#) form, and you'll be able to upload, tag, and discuss models.  
Already registered? [Login to the Commons](#).

### Most Viewed Models (in the past 2 weeks)

-  Anamaria Berea  
[COVID\\_19 Spread](#)  
Viewed 771 times in the past 2 weeks
-  Māris Nartišs  
[Flatten the Curve -- COVID-19](#)  
Viewed 641 times in the past 2 weeks
-  Paul Smaldino  
[SIR Model - COVID19](#)  
Viewed 340 times in the past 2 weeks
-  Cristian Jimenez Romero  
[Covid 19 Contagion Dynamics](#)  
Viewed 302 times in the past 2 weeks
-  CJ Castillo  
[COVID-19 Outbreak and Policies](#)  
Viewed 228 times in the past 2 weeks
-  lin xiang  
[Infectious Disease Outbreak \(COVID-19\)](#)  
Viewed 221 times in the past 2 weeks
-  Emiliano Alvarez  
[COVID\\_19 spread with movement rules](#)  
Viewed 215 times in the past 2 weeks
-  Diego Diaz Córdoba  
[bera covid\\_19 with quarantine](#)  
Viewed 183 times in the past 2 weeks
-  Eduardo Bringa  
[COVID19-variable-SD-Testing](#)  
Viewed 138 times in the past 2 weeks
-  lin xiang  
[Carrying Capacity](#)  
Viewed 119 times in the past 2 weeks

[View one random model](#)

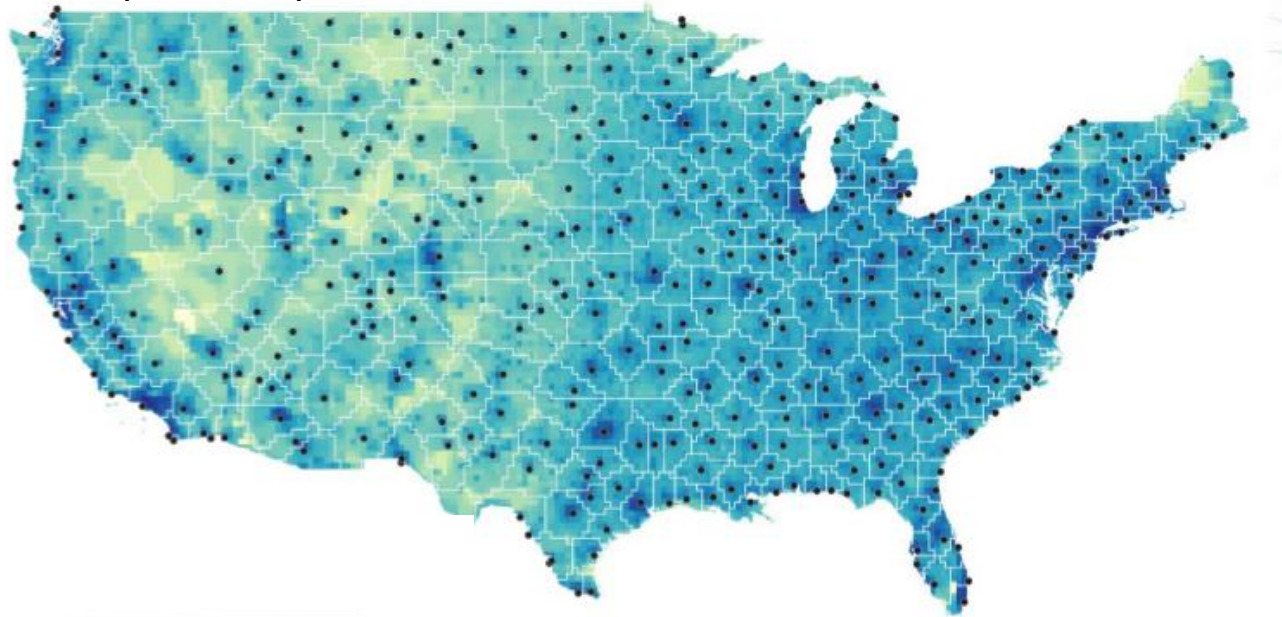
### Most Viewed Models (of all time)

-  Joshua Abraham  
[Food Chain with 10% Energy Rule](#)  
Viewed 18,418 times
-  Alvaro Gil  
[Supply Chain](#)  
Viewed 15,849 times

# COVID-19

## Global Epidemic and Mobility Model

Enfoque metapoblacional:



census cell population →

- Se divide superficie en celdas de Voronoi centradas en conexiones centrales de transporte aereo y terrestre (3200)
- Cada celda se caracteriza en terminos demograficos, economicos, salud, etc

# COVID-19

## Global Epidemic and Mobility Model

Patrones de movilidad entre subpoblaciones se representan mediante redes:

- Movilidad de corta y larga distancia.
- Flujos modelados de acuerdo a datos disponibles

Dinamica de propagacion intra.celda:

Modelo de 5 estados:

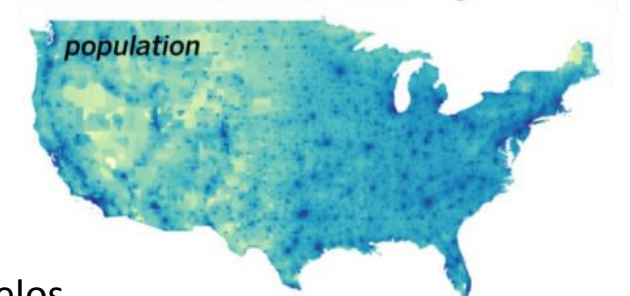
- Suceptible,
- Expuesto,
- Sintomatico,
- Hospitalizado
- Recuperado

Patrones de movilidad dependen de estado de salud:

Larga distancia: dia de la semana, franja etarea, politicas de vuelos,...

Corta distancia: laborabe/no-laborable, franja etarea,...

*multiscale framework*





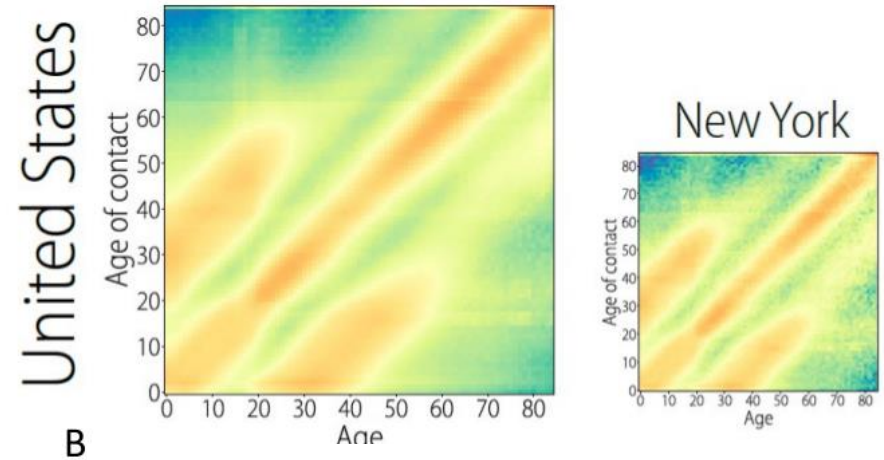
# Modelando contactos

Uso de datos sociodemograficos para establecer matrices de contacto:  
frecuencia media de contactos reportada entre individuos de edades determinadas.

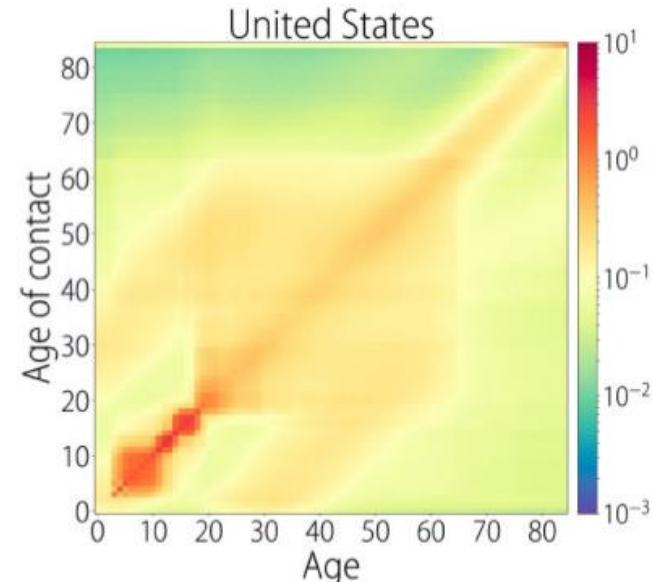
Funcion de:

- localidad
- rango etareo
- ambito (hogar, escuela, trabajo)

Contactos hogareños

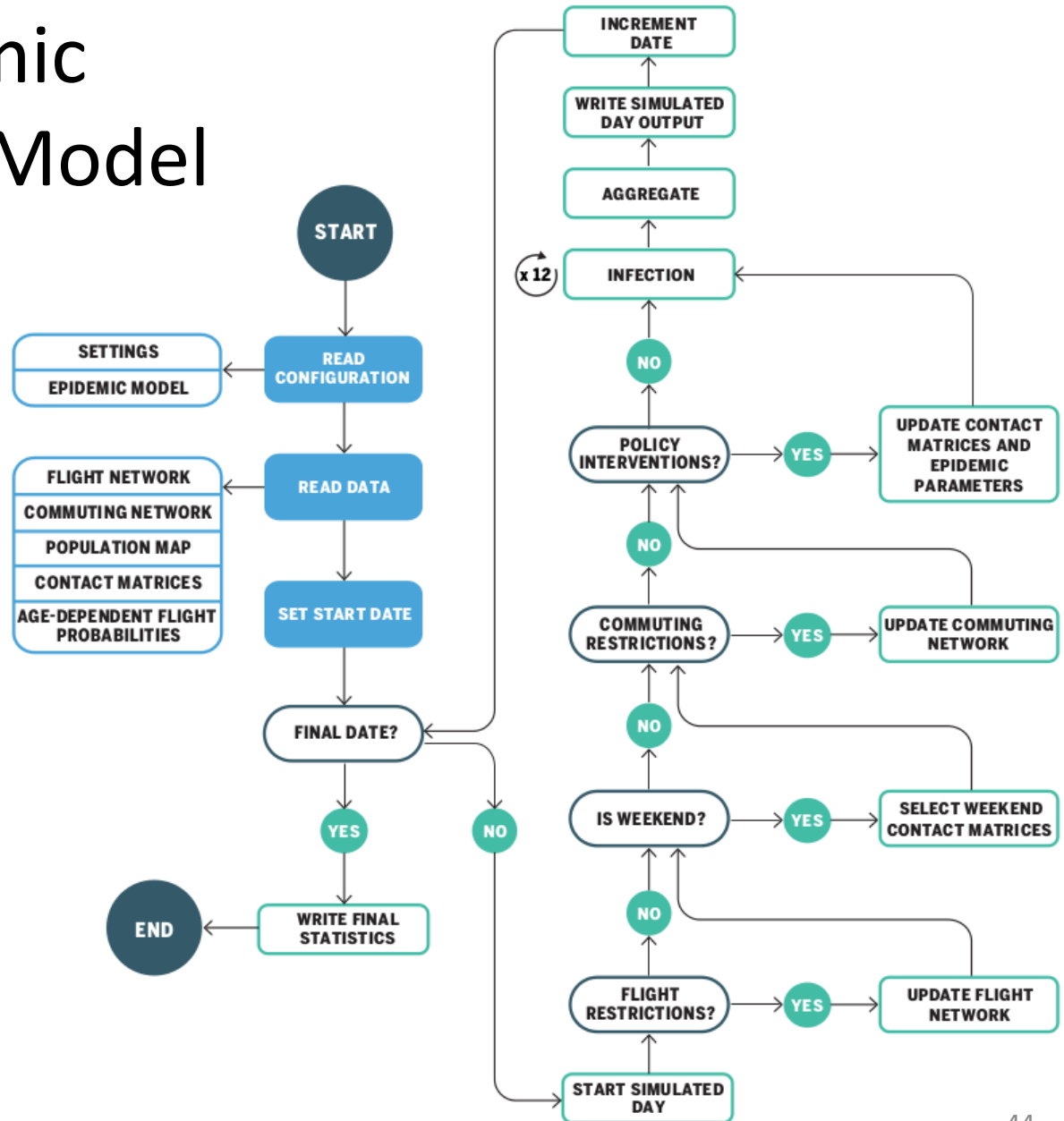


Matriz de contacto agregada →



# COVID-19 Global Epidemic and Mobility Model

Pseudocodigo:





# <https://www.gleamproject.org/covid-19>

Projections updated on:  
MARCH 30, 2020

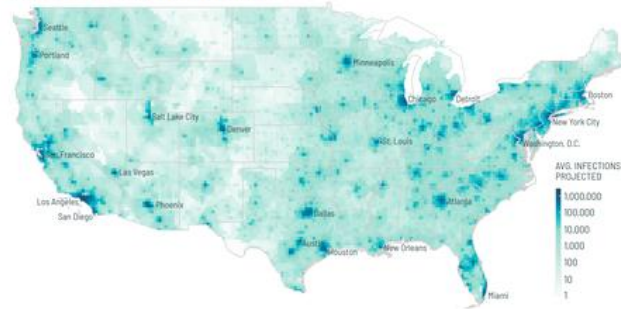
The social distancing projections assume that "stay-at-home" orders and mitigation policies are extended for the entire period of time considered here.

APRIL 3, 2020

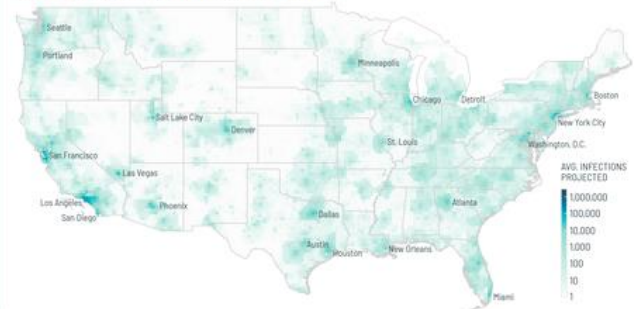
APRIL 17, 2020

MAY 1, 2020

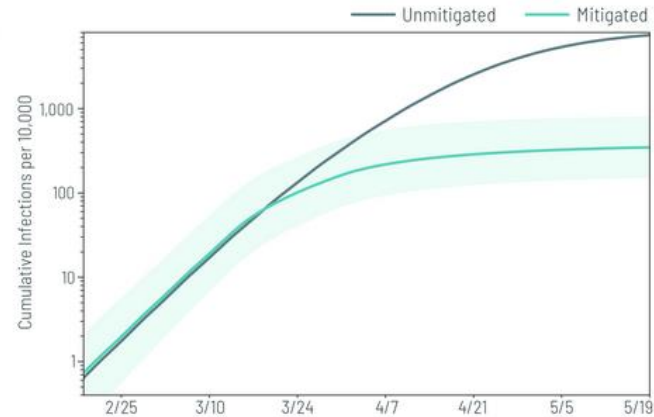
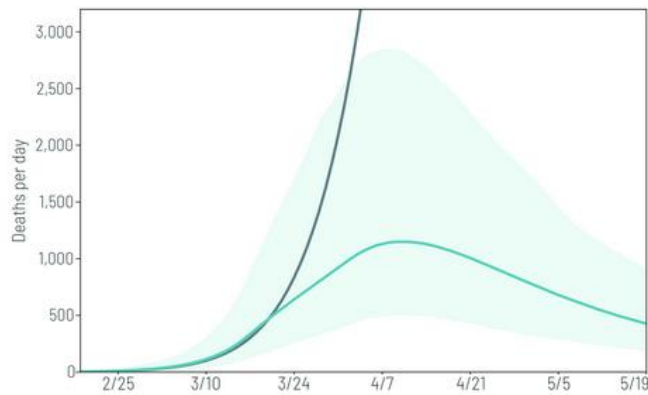
## UNMITIGATED PROJECTIONS



## SOCIAL DISTANCING PROJECTIONS



## DEATHS AND CUMULATIVE INFECTIONS IN THE U.S.



# Referencias

- **More is Different**, Anderson, *Science* (1972)
- <http://www.britannica.com/science/complexity-scientific-theory>
- <http://www.santafe.edu/media/workingpapers/06-10-036.pdf>
- **An Information Flow Model for Conflict and Fission in Small Groups**, Wayne W. Zachary, *Journal of Anthropological Research* Vol. 33, No. 4 (Winter, 1977), pp. 452-473

