

# Redes Complejas en Biología de Sistemas



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)*
- [materias.df.uba.ar/redesa2018c2](http://materias.df.uba.ar/redesa2018c2)
- Teóricas subidas a la página de la materia
  - Para leerlas antes de la clase (!)

# Régimen teórico-práctico

|       | Teórica   | Guia   | Trabajo Computacional                        |
|-------|---|--|--|
| 09/08 | 01_Sistemas Complejos   | G00_IntroAlgebra                                 |  |
| 11/08 | 02_ARS_CaminosYConectividad   | G01_SNA  | intro R / igraph / Gephi                     |
| 16/08 | 03_ARS_FuertesEnlacesDebiles  |  |  |
| 18/08 | 04_ARS_RedensEnContexto   |  |  |
| 23/08 | 05_IntroBio   |  |  |
| 25/08 | 06_RedensBiologicas   |  |  |
| 30/08 | 07_ConceptosBasicos   |  | DataSets: STRING                             |
| 01/09 | 08_CaminosYCaminatas  | G02_ConceptosBasicos                             | TC_01 [ fecha de entrega 15/09 ]             |
| 06/09 | 09_Centralidad  |  |  |
| 08/09 | 10_Estructura_a_gran_escala   |  |  |
| 13/09 | 11_Centralidad_Letalidad  | Centrality-Lethality Rule                        |  |
| 15/09 | TC_02 Centralidad-Letalidad   |  |  |
| 20/09 | TC_02 Presentacion y discusion de resultados + Entrega de Informes y Scripts de Calculo |  |  |
| 22/09 | TC_02 Presentacion y discusion de resultados + Entrega de Informes y Scripts de Calculo |  |  |
| 27/09 | 12_RandomNetworks   | G03_RedensAleatorias                             |  |
| 29/09 | 13_DegreeCorrelations   | G04_Similaridad                                  |  |
| 04/10 | 14_WeightedNetworks   |  |  |
| 06/10 | 15_Similaridad  |  |  |
| 11/10 | 16_CommunityStructure   | G05_Comunidades                                  | TC_03_Comunidades [ fecha de entrega 03/11 ] |
| 13/10 | 17_NetworkModules-Clustering and Biclustering   |  |  |
| 18/10 | 18_WGCNA  |  | TC_04_WGCNA [ fecha de entrega 10/11 ]       |
| 20/10 | 19_WGCNA  |  |  |
| 25/10 | Supervised Learning - NetworkBased Classification                                       |  |  |
| 27/10 | Laplacianos   |  |  |
| 01/11 | Semisupervised Learning - Prioritization  |  |  |
| 03/11 |   | Proyectos finales: 1era presentacion oral (5')   |  |
| 08/11 |   |  |  |
| 10/11 |   |  |  |
| 15/11 | Topicos Avanzados   | Proyectos finales: 2da presentacion oral (5')    |  |
| 17/11 |   |  |  |
| 22/11 |   |  |  |
| 24/11 |   | Proyectos finales: presentacion oral final (15') |  |

- Guías de problemas
- Trabajos Computacionales
  - 3 Guías Computacionales
  - 1 Proyecto paper
- Proyecto final (grupos)

## Aprobación:

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

# 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**.

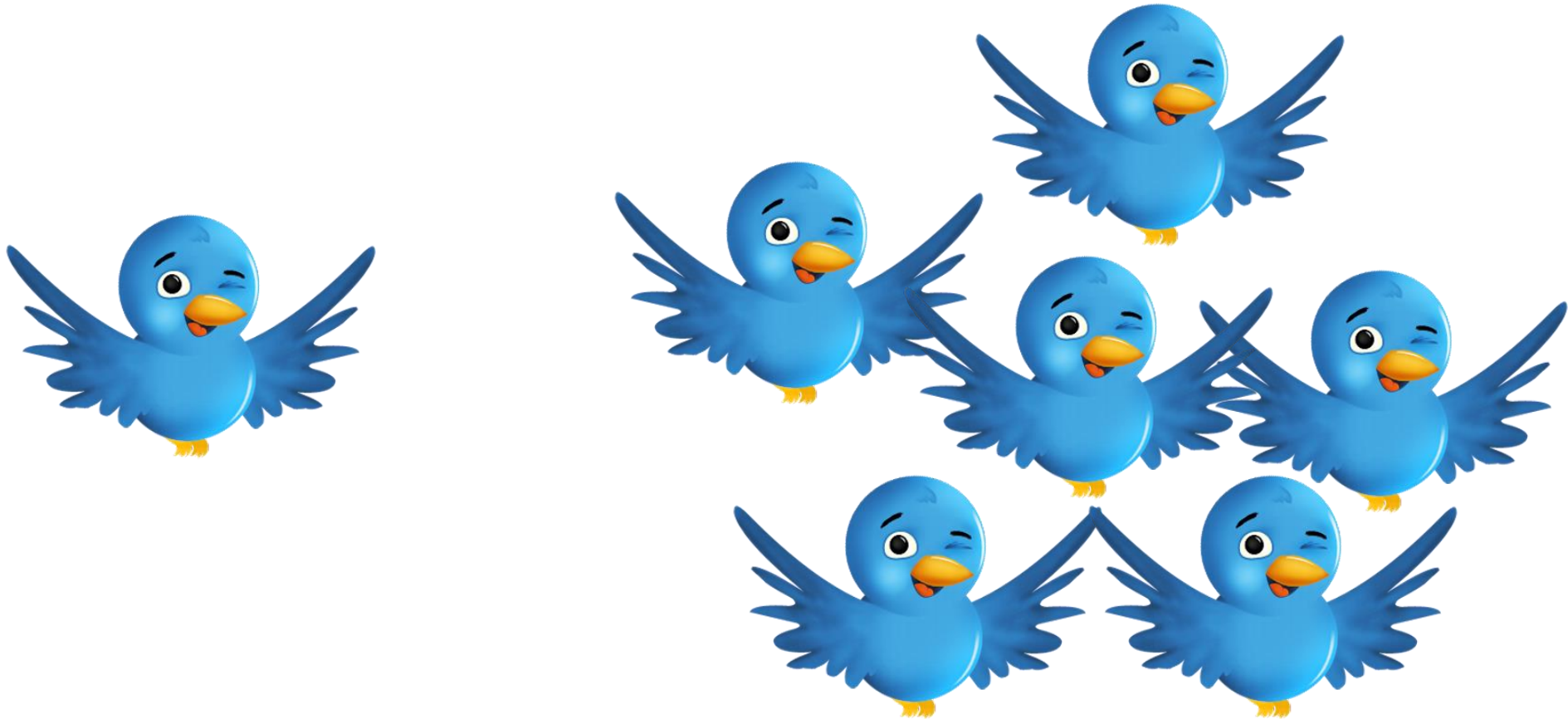
# Sistemas Complejos y Pajaritos



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

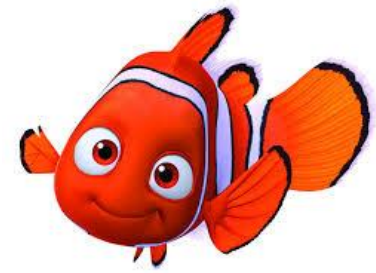


## 3 reglas para volar c/amigos

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

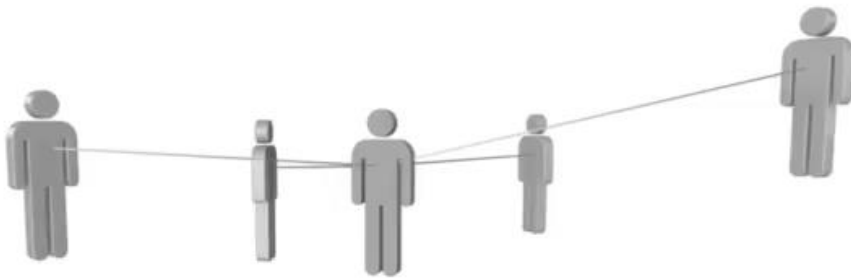


- muchos agentes
- leyes de interacción simples

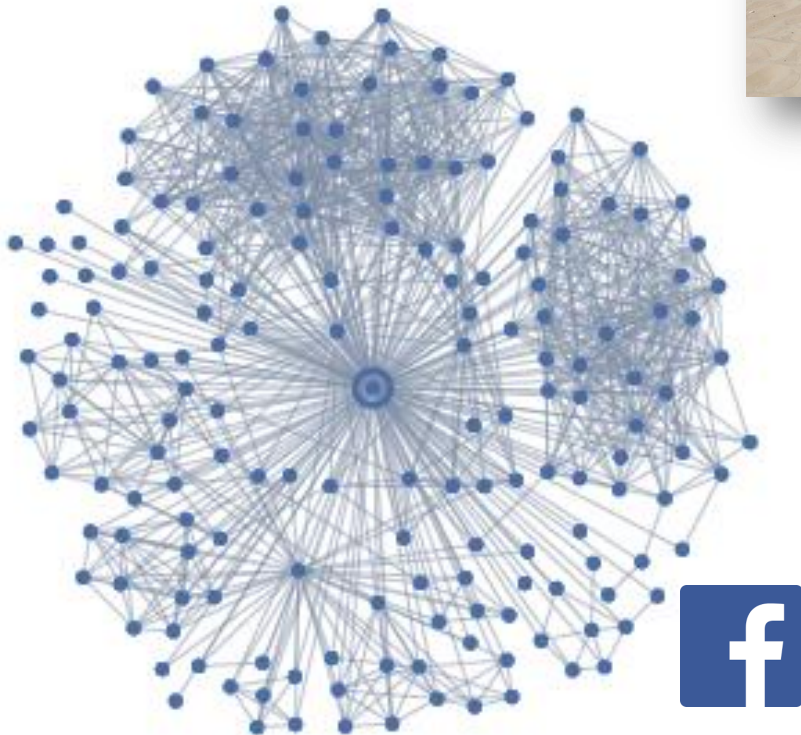


- ✓ **comportamientos emergentes** no-triviales pueden apreciarse a gran escala
- ✓ Estructura de organización en otra escala
- ✓ Aparece capacidad de desarrollar una **funcionalidad en esa escala**

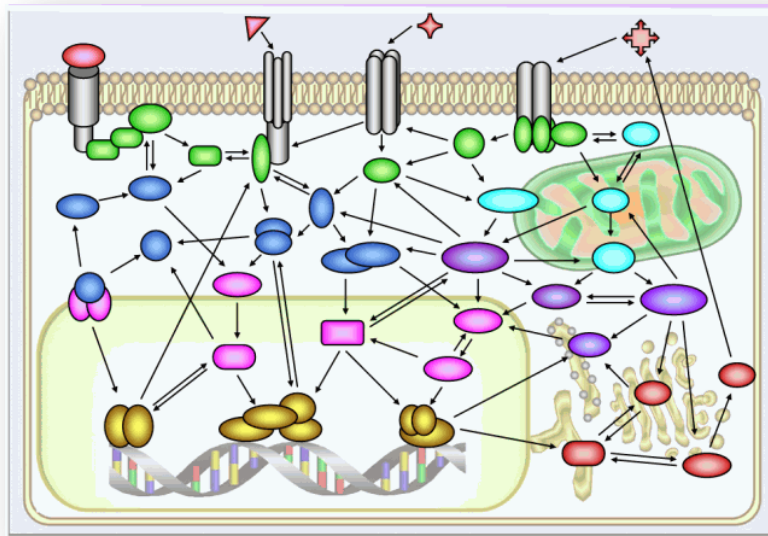
# Patrones a gran escala ...nos dicen cosas



# Patrones a gran escala ...nos dicen cosas



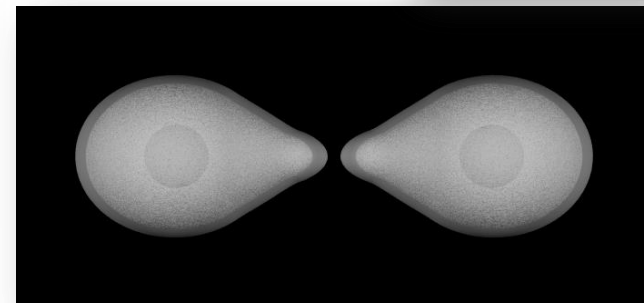
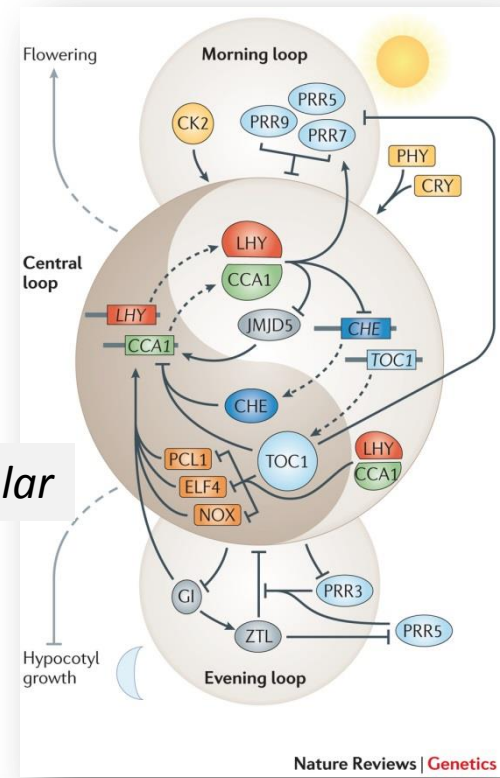
# La célula como sistema complejo



Escala *molecular*

Escala *intra-celular*

Escala *celular*

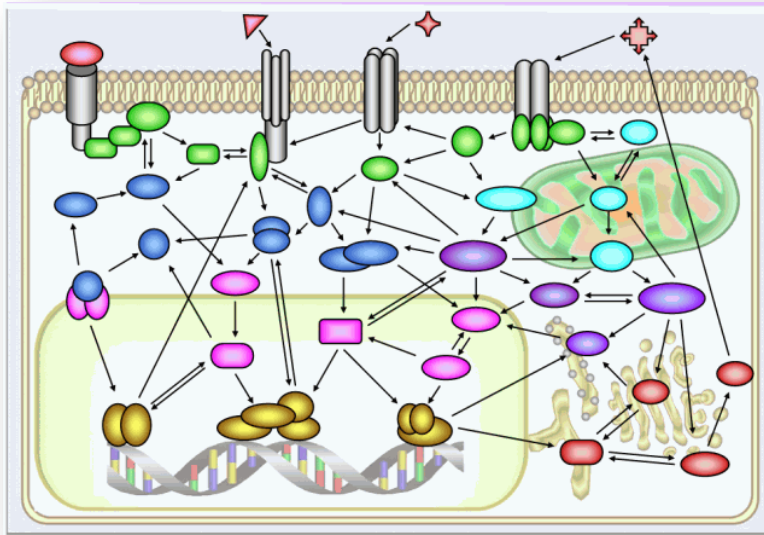


Escala *organismo*



Biología como *propiedad emergente*

# Complejidad multiescala



## Escala *molecular*

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

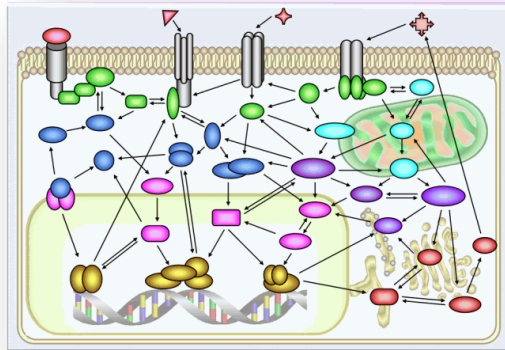


## Escala *celular*

- 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

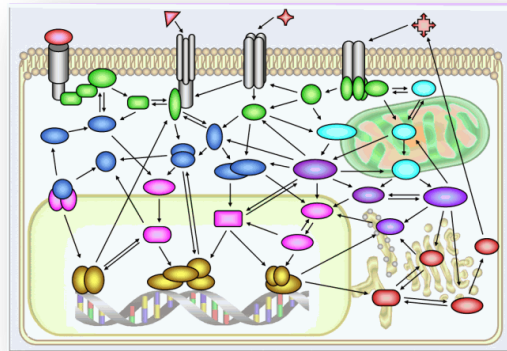
### Reduccionismo ≠ Constructivismo

“...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

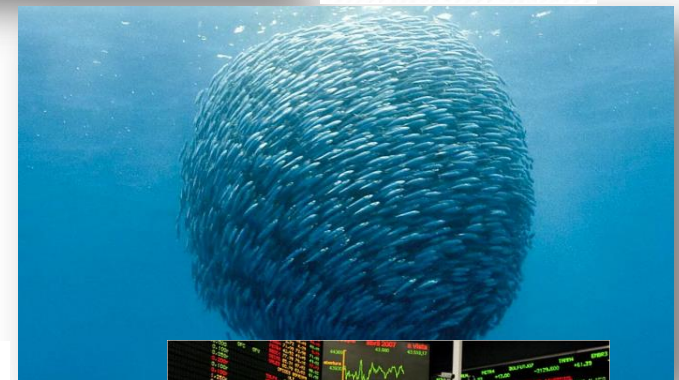
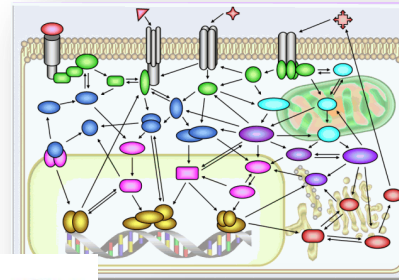
### Ciencia Y

elementary particle  
physics  
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. 19

# Sistemas Complejos

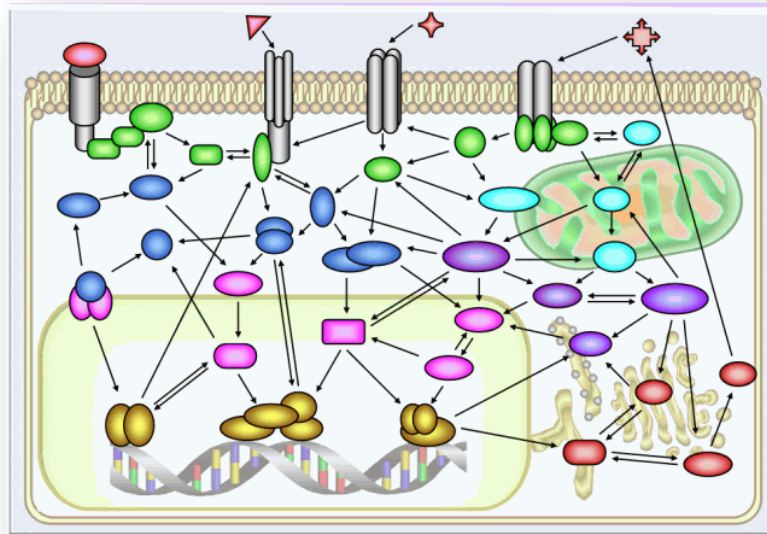
- Sistemas abiertos
- Agentes + interacciones
- Ausencia de control centralizado
- Existencia de lazos de retroalimentación
- Estructura modular/jerarquica
- Reglas simples dan lugar a comportamientos complejos emergentes.



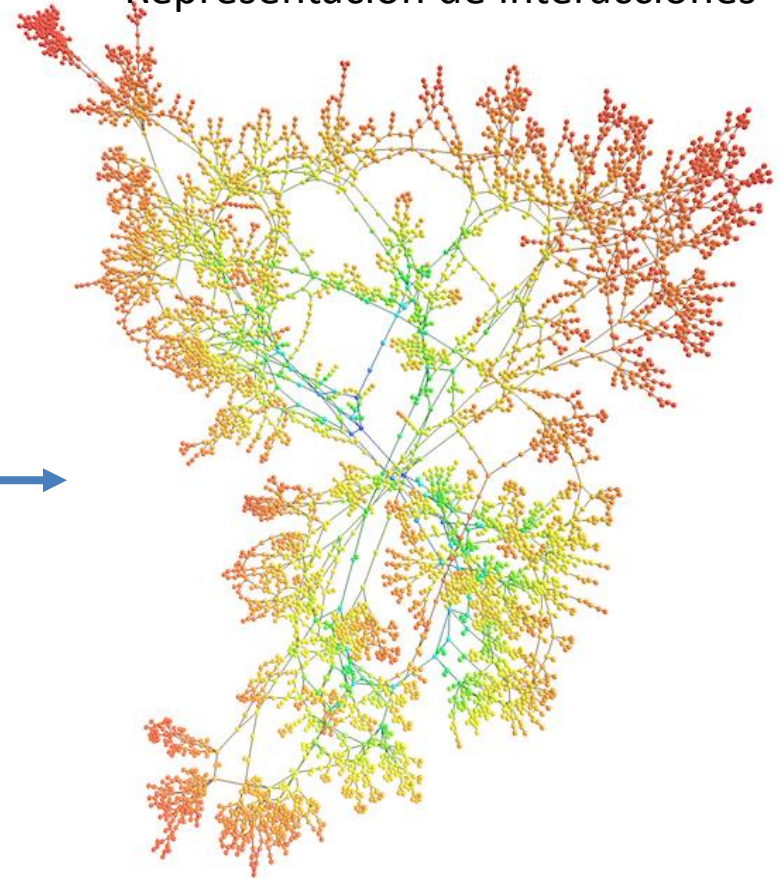
# Sistemas Complejos

- 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



Representacion de interacciones

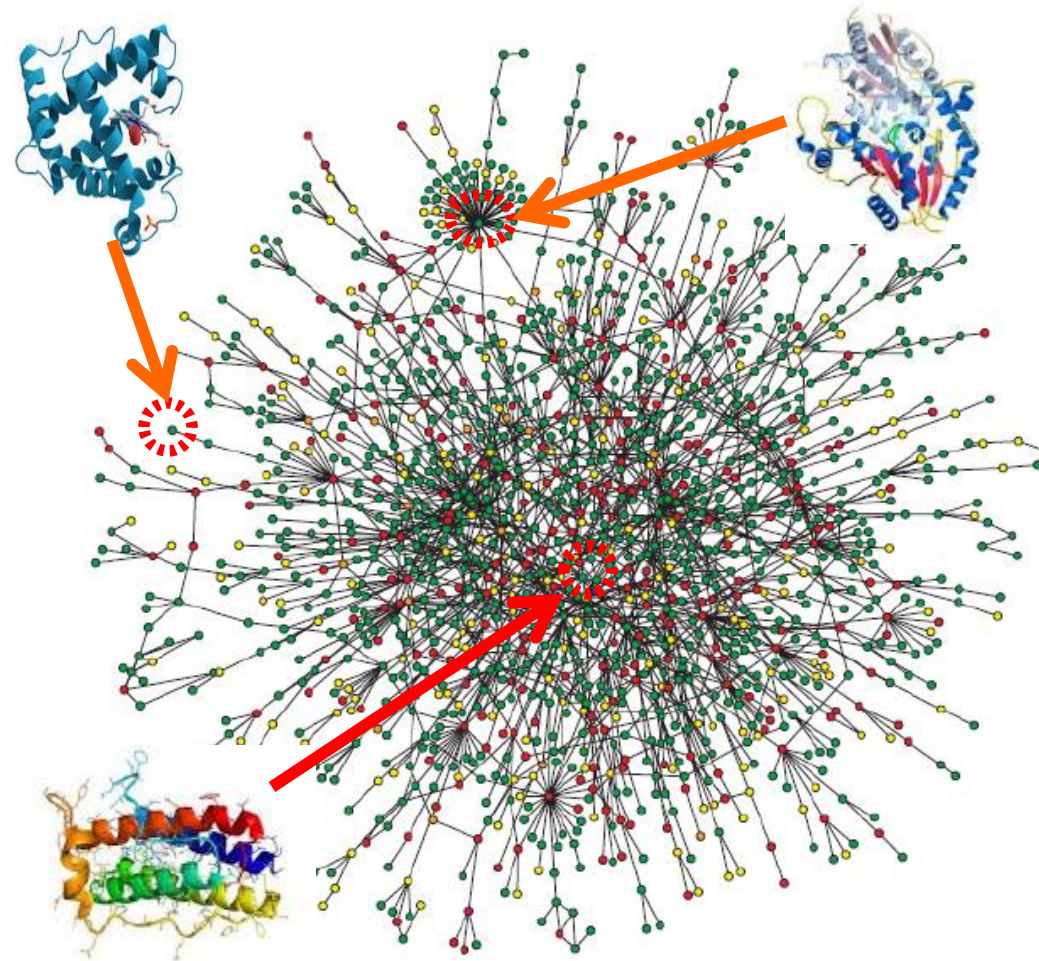


- **funcionalidad biológica**
- **estado global**
- **comportamiento a escalas mayores**



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

# Ejemplo: redes de interacción de proteínas



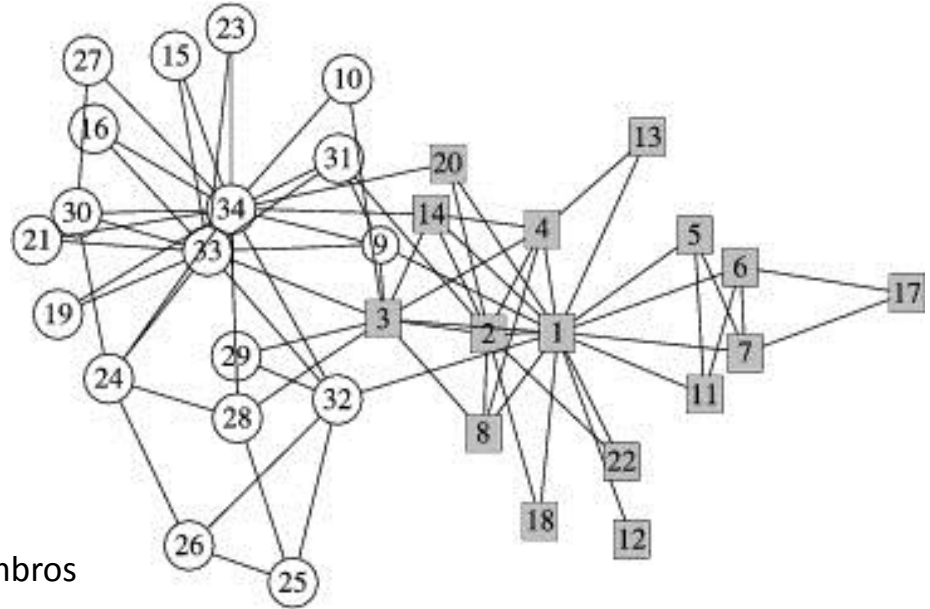
## Biología

- Escencialidad
- Funcion biológica
- Estudio de enfermedades

# 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:



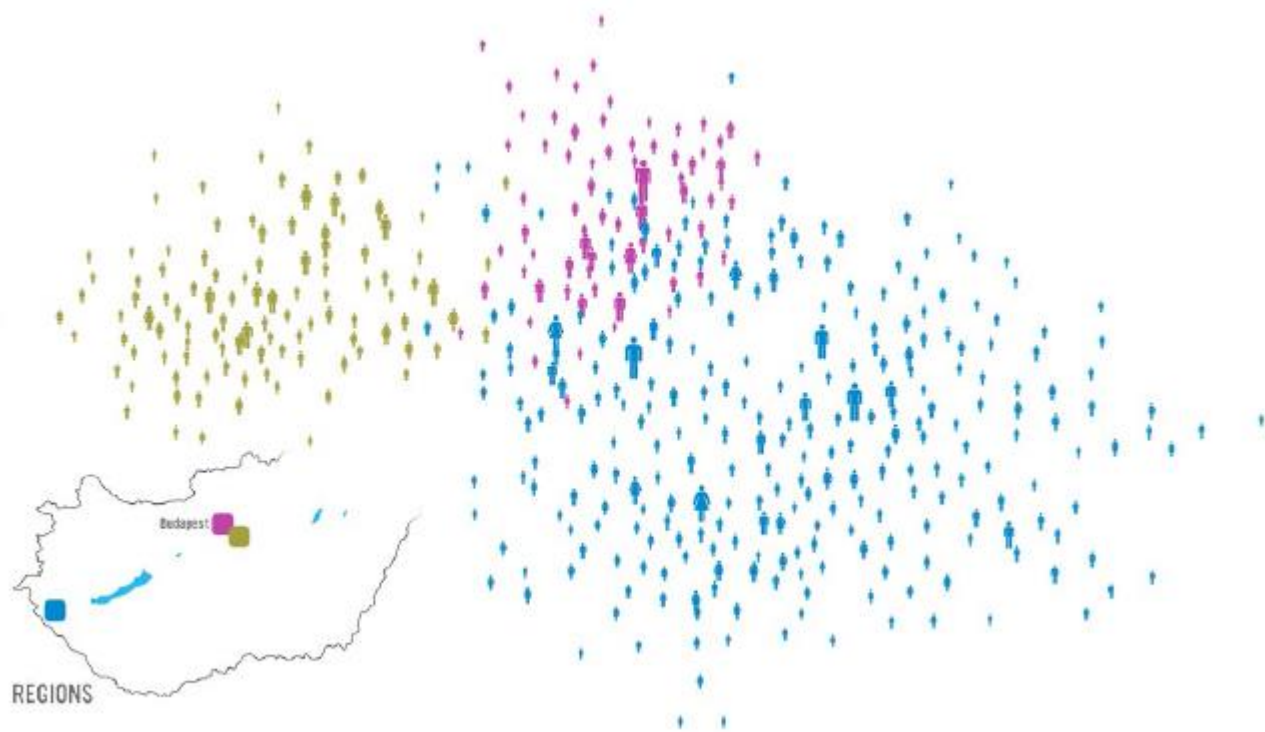
Zachary's Karate club club:



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

# Management

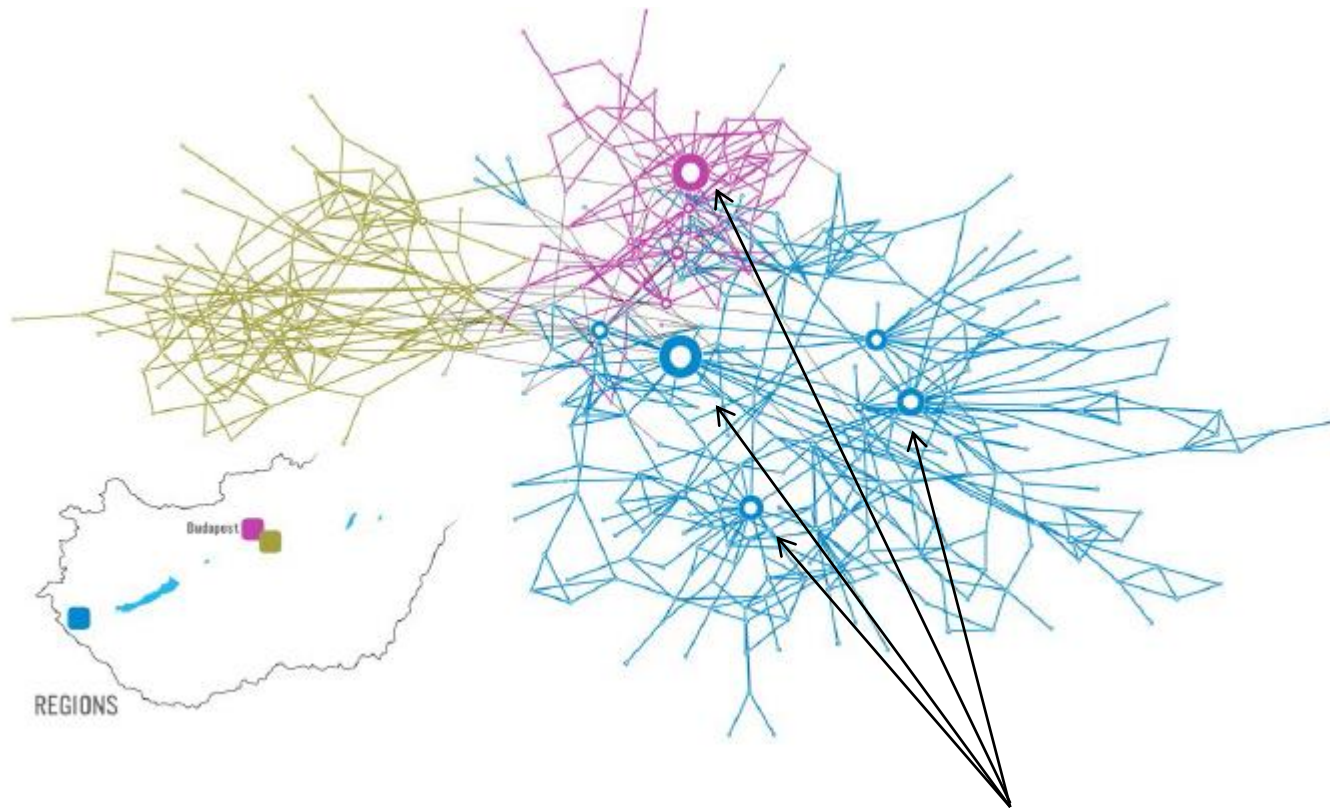
Problema de **flujo de información** en empresa Hungara





# Management

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

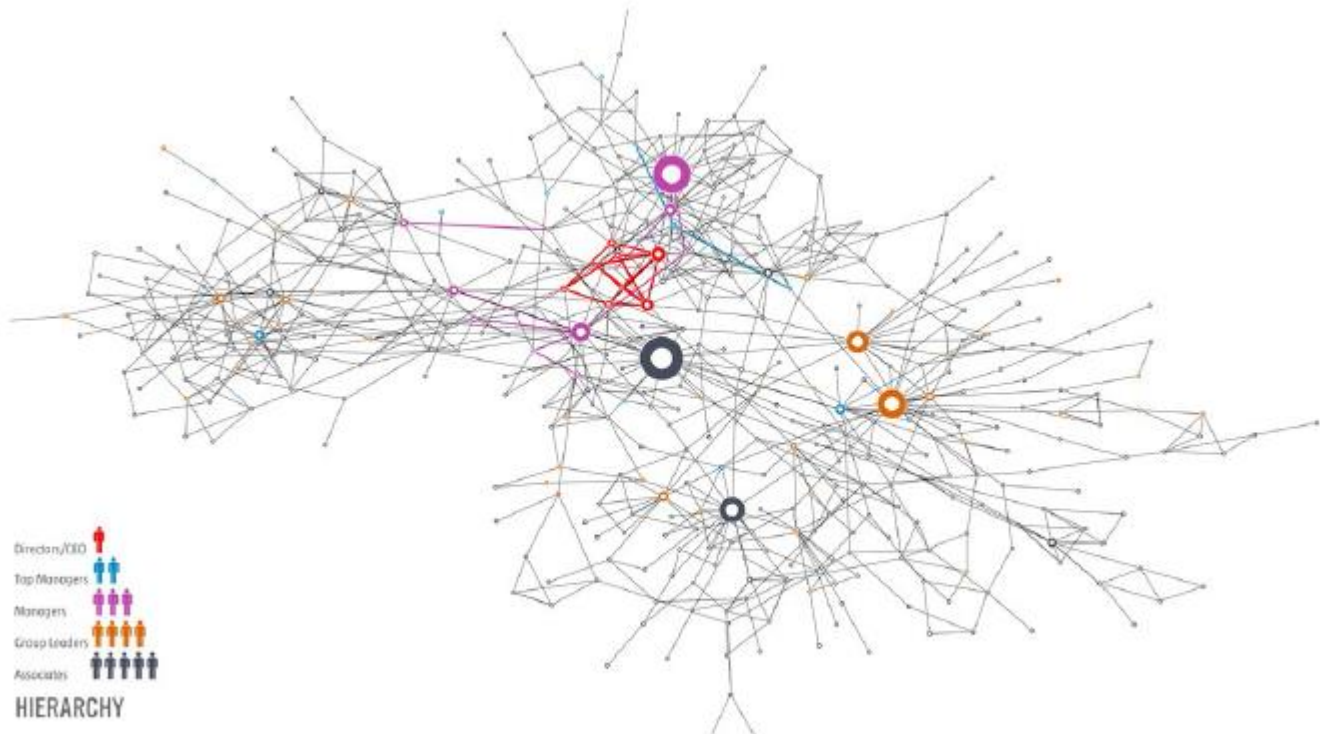


Identificación de individuos de alta influencia

# Management

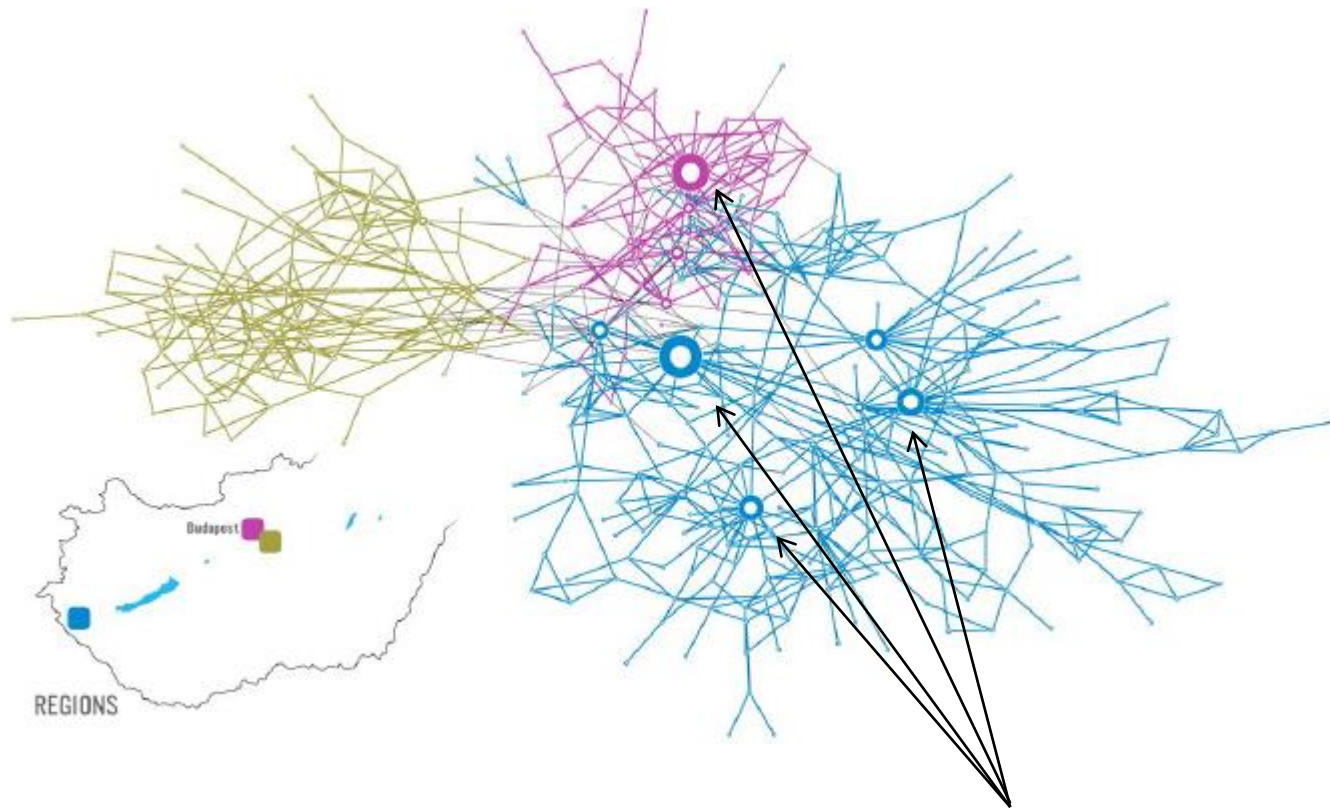
**Puesta en contexto:** ranking dentro de la jerarquía organizacional

- 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?*

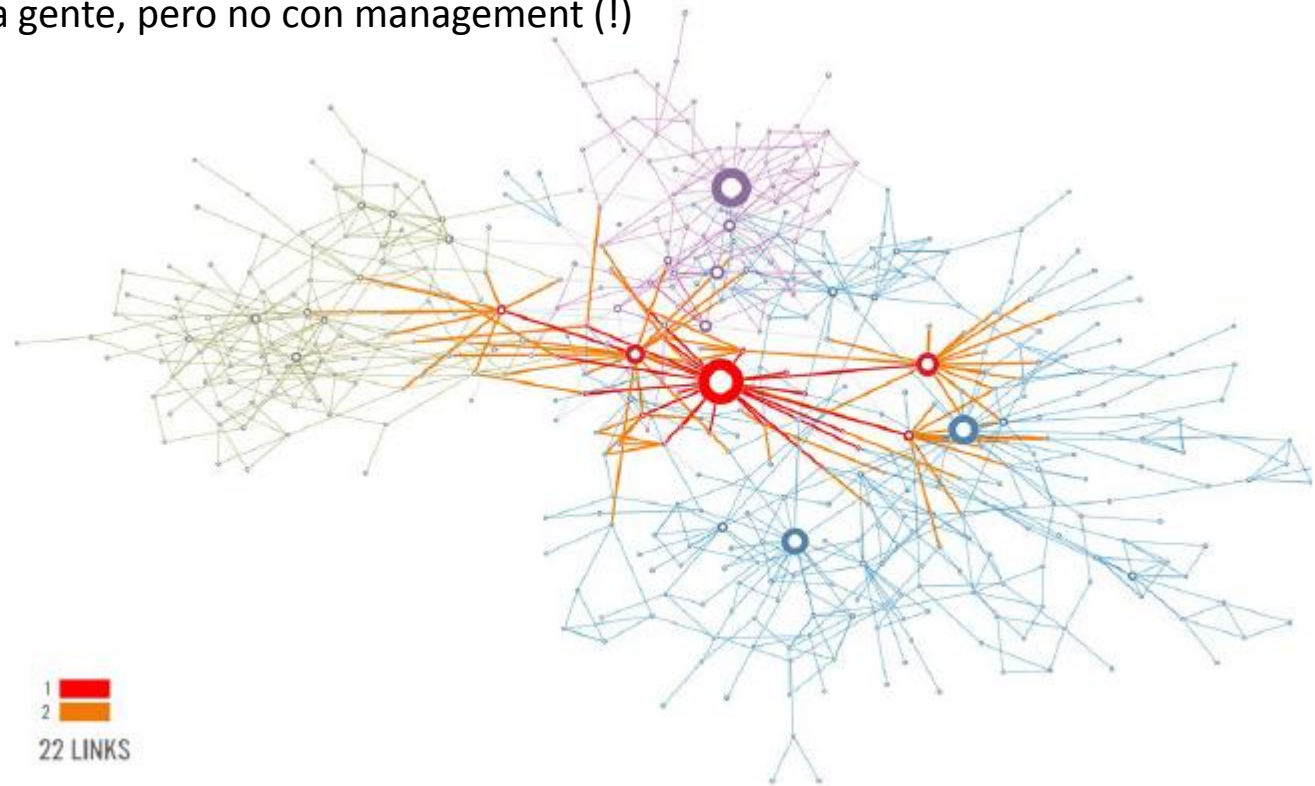


Identificación de individuos de alta influencia

# 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*



# 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

