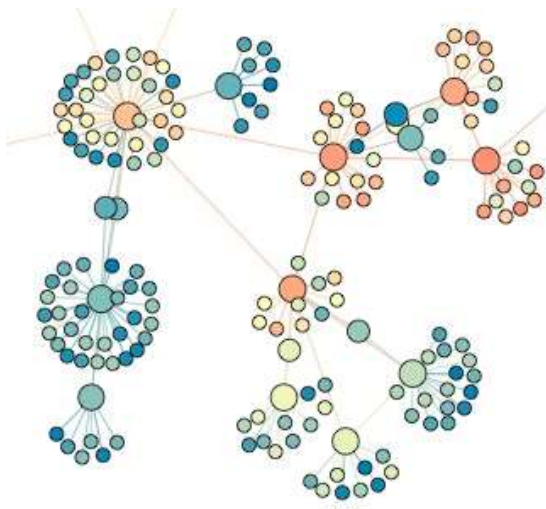


# Conceptos básicos de grafos

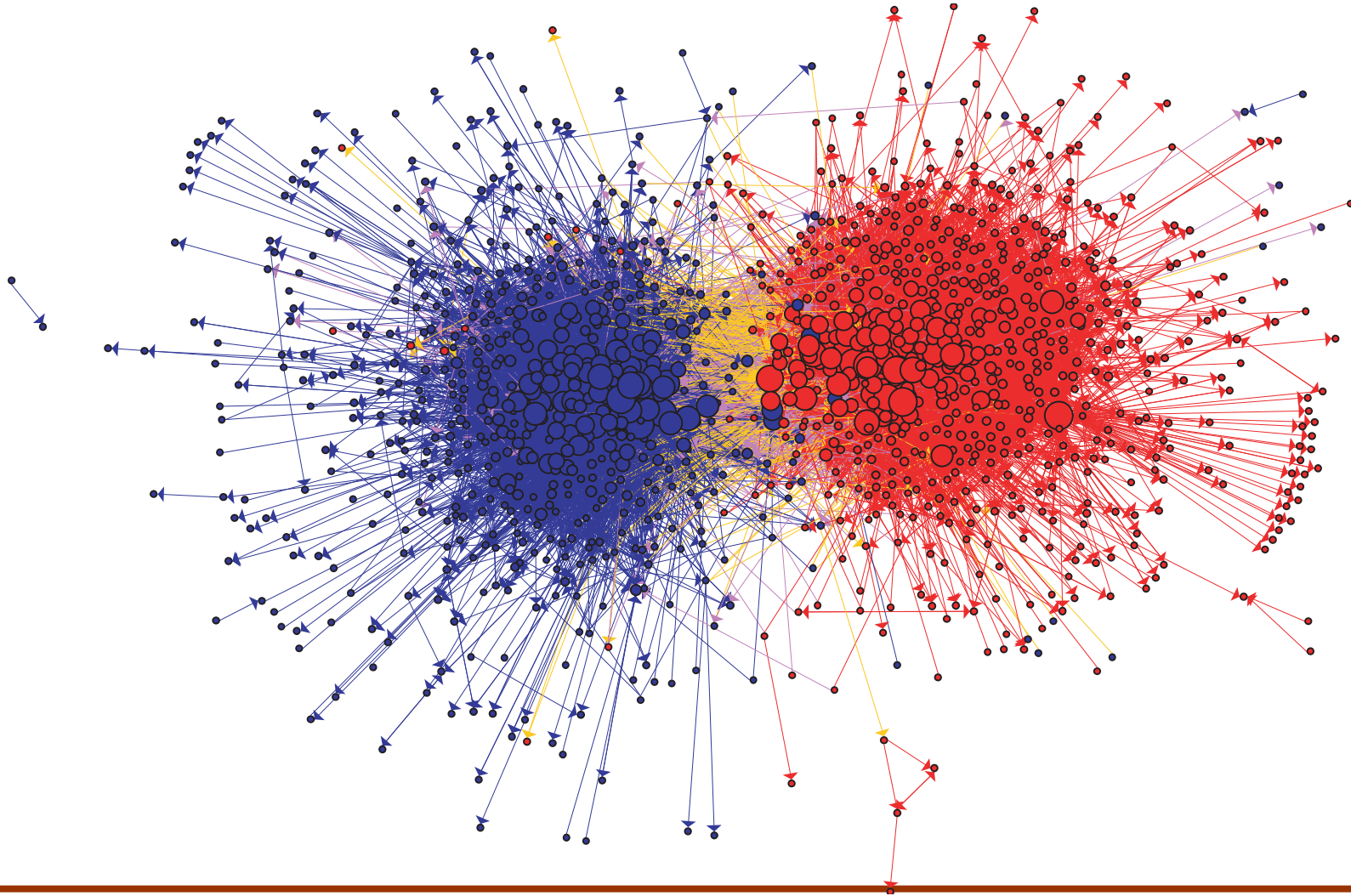


Redes sociales

# Introducción

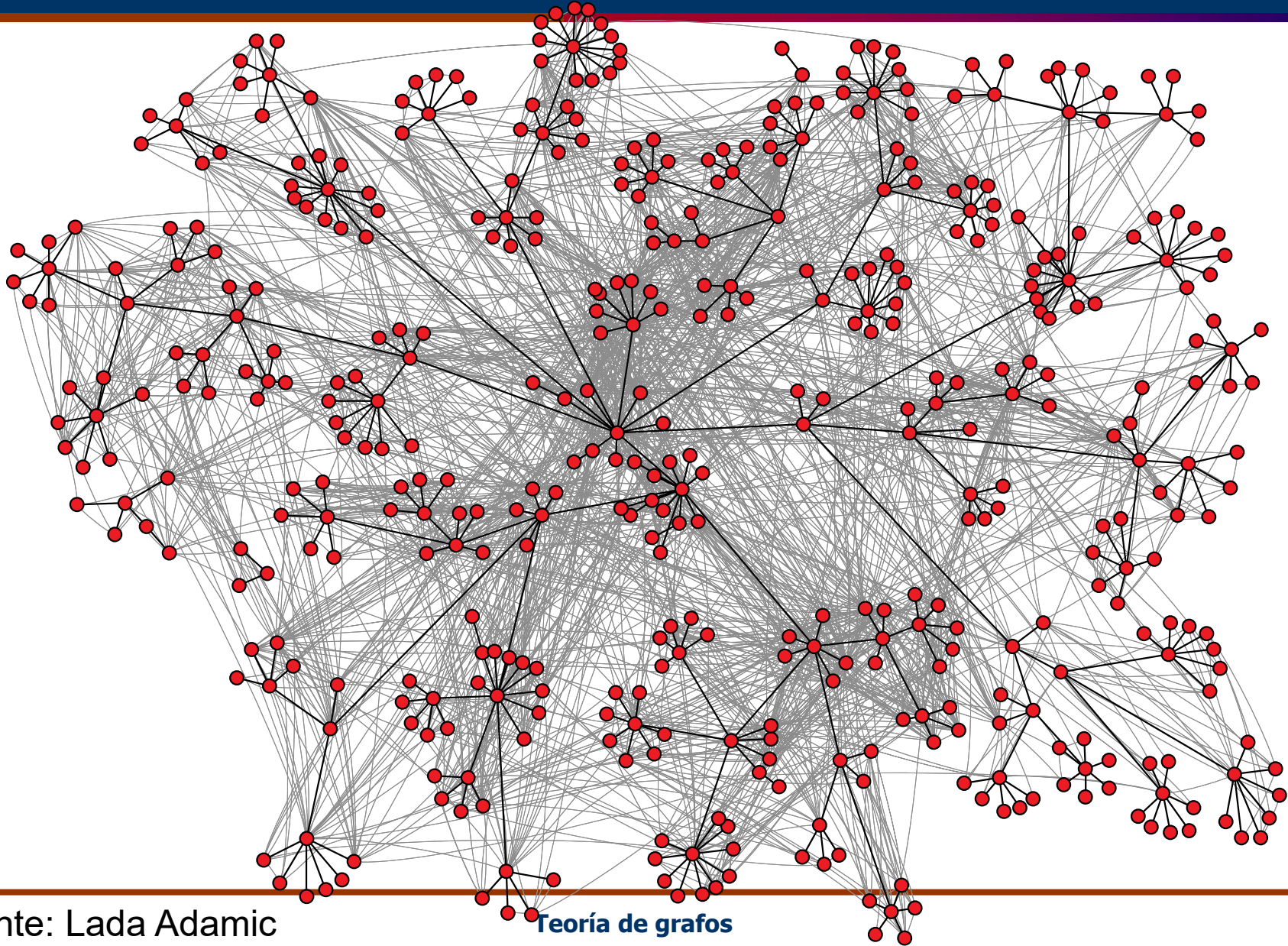
- Es impresionante la ubicuidad de las redes
    - Interconexiones neuronales
    - Reacciones bioquímicas
    - Publicación de artículos
    - Redes de computadoras
    - Infraestructura de transporte
    - Vínculos sociales
    - Cadenas de alimentación
    - Propagación de enfermedades/rumores
    - Cadenas de suministro
- Es mucho más impresionante observar que prácticamente todas siguen las mismas leyes

# Blogs políticos – Campaña electoral B. Obama

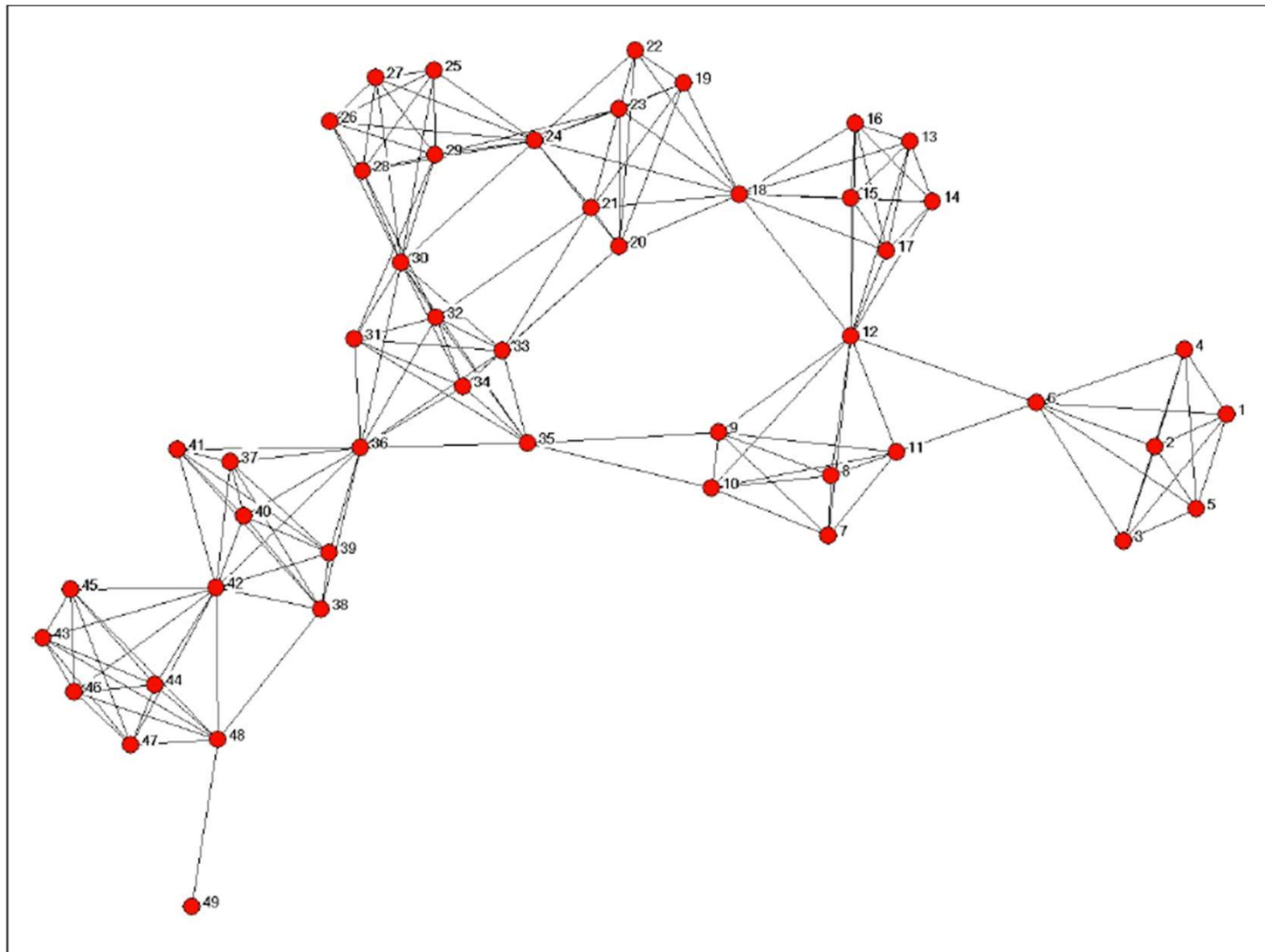




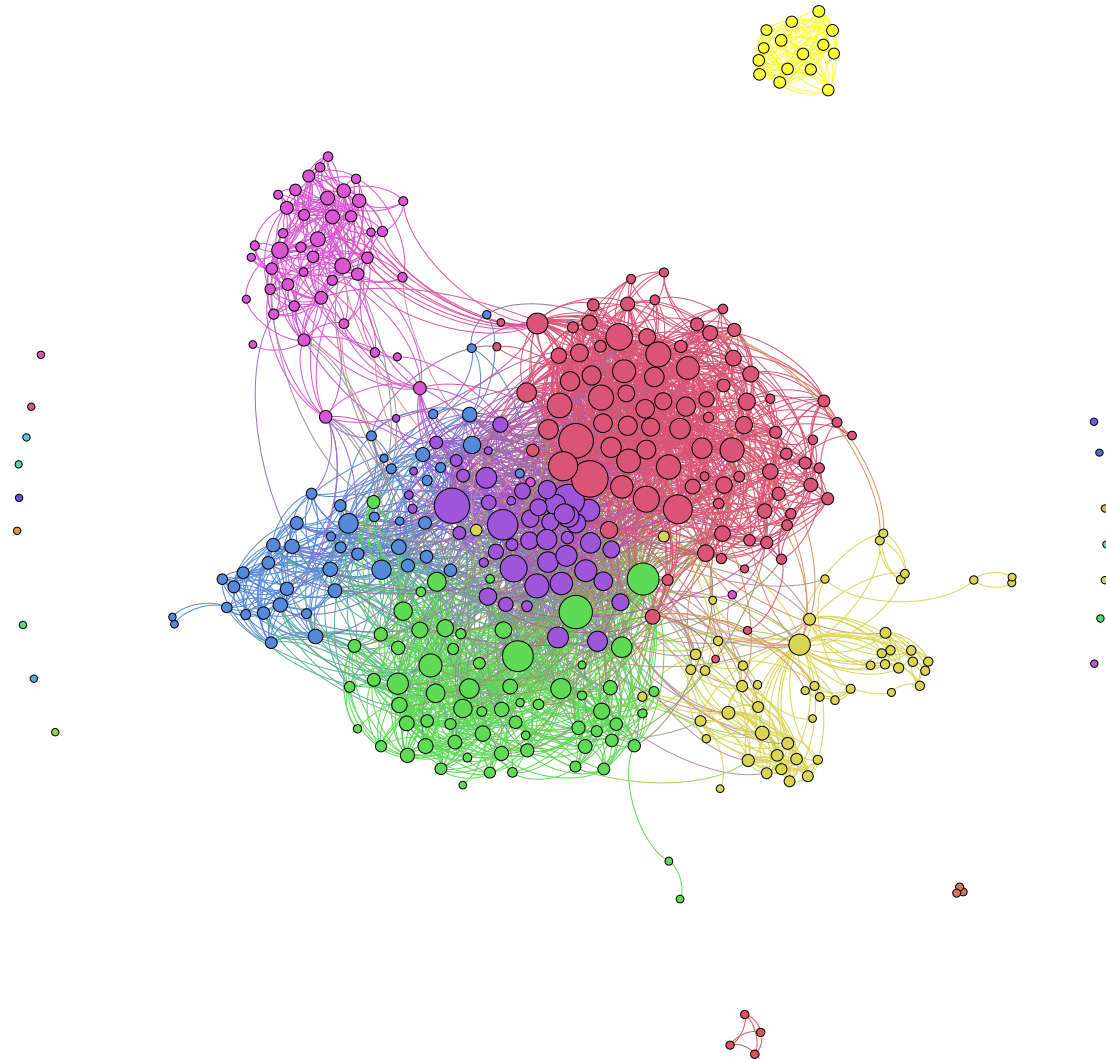
# Organizaciones



# Células terroristas

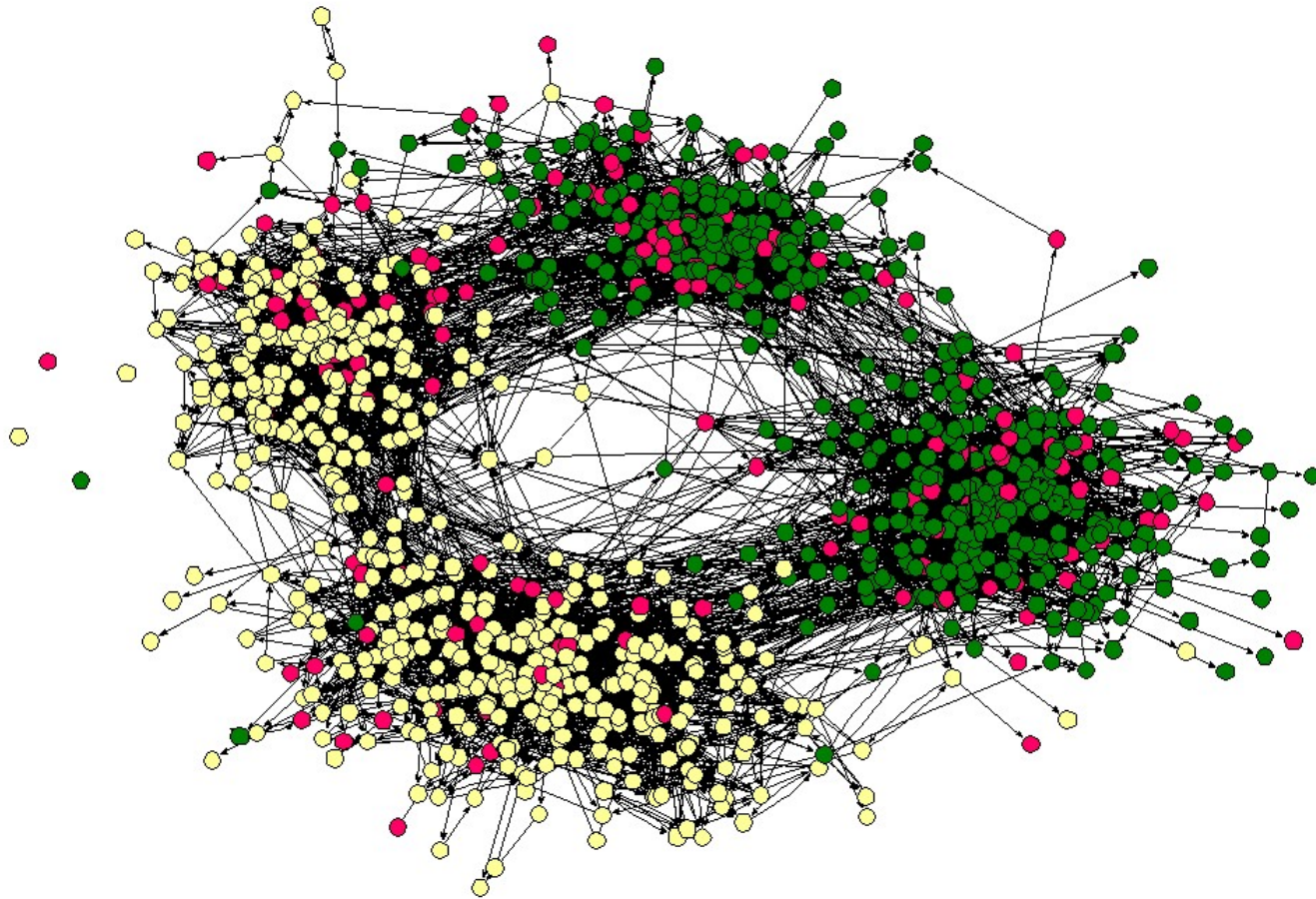


# Facebook



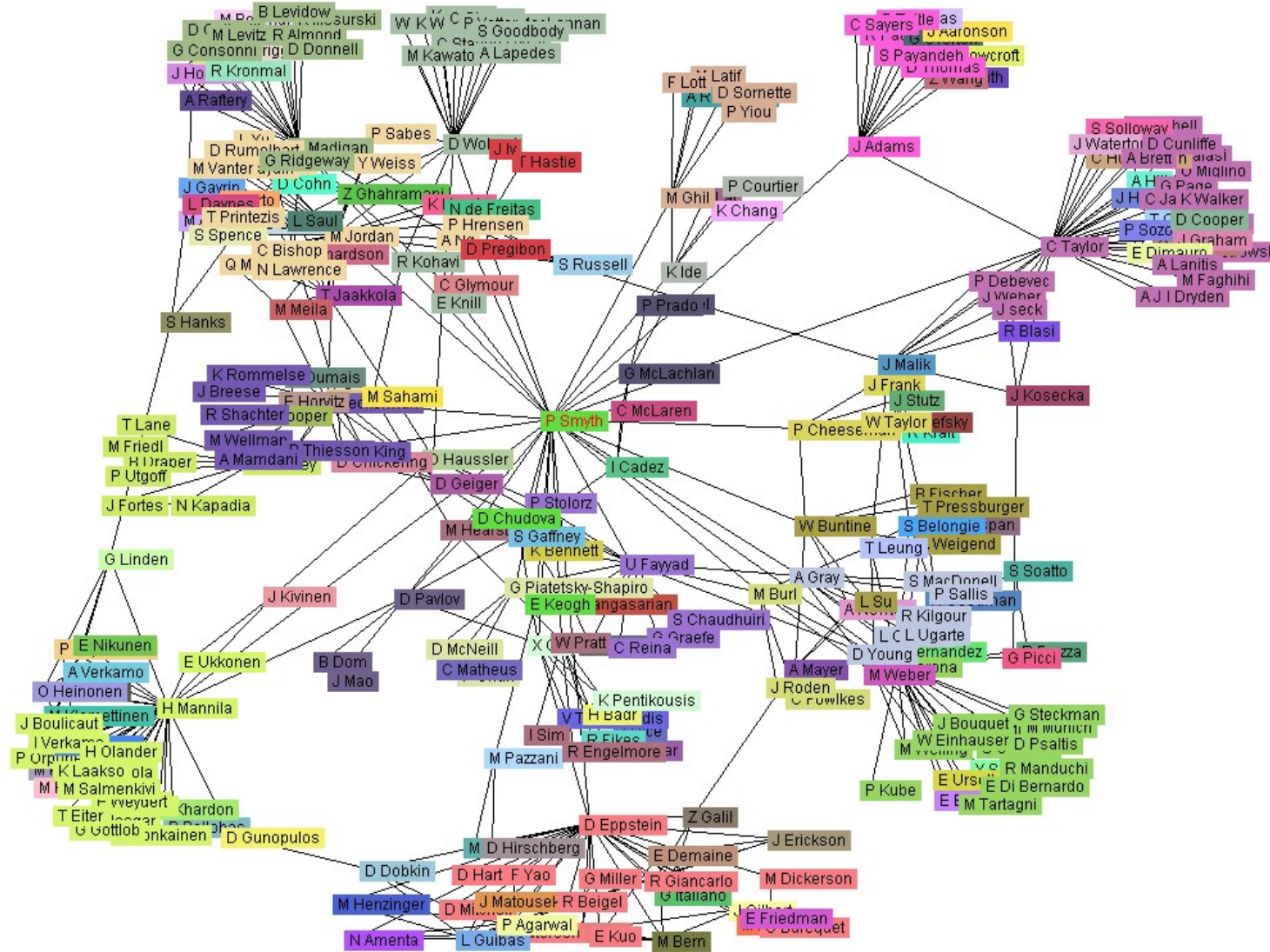


# Vínculos de amistad



Amigos de mis amigos

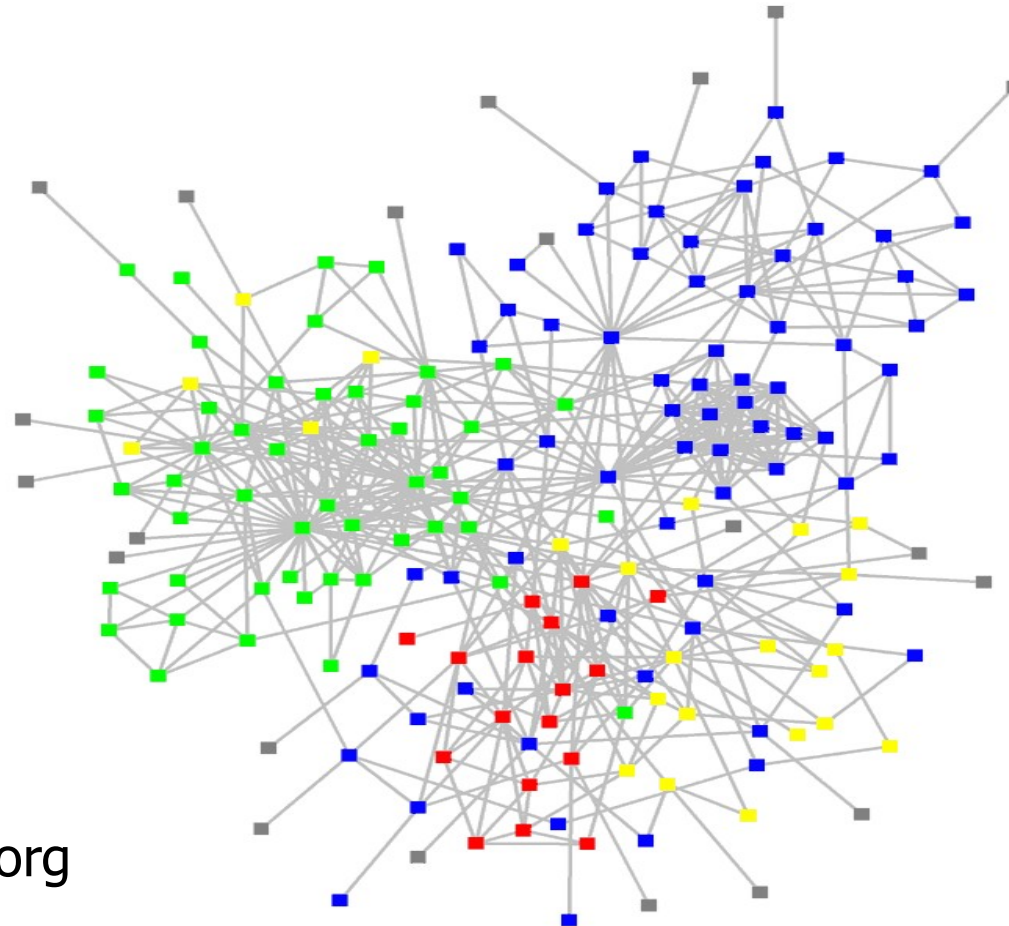
# Coautores





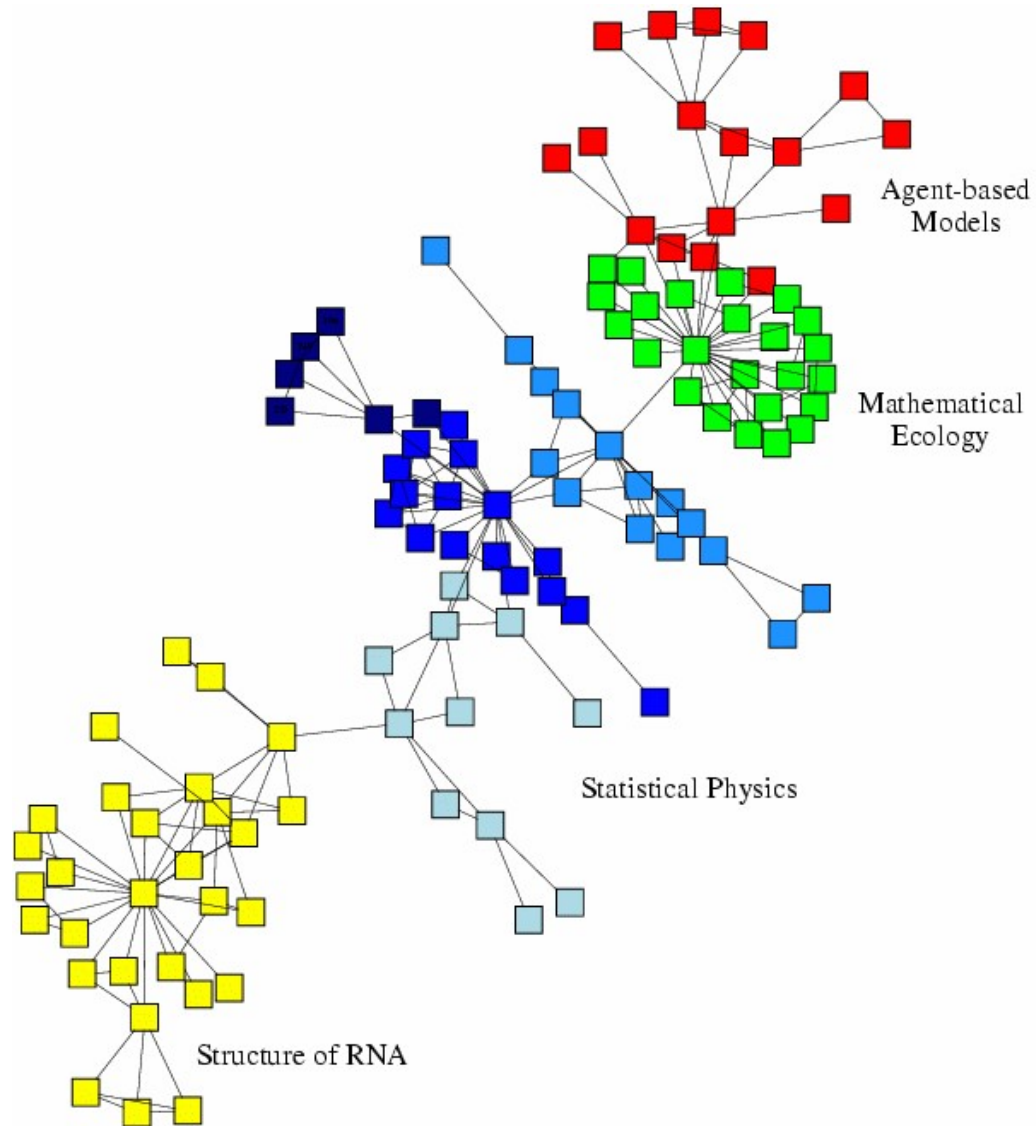
# Redes

**Red social:** Estructura de una organización



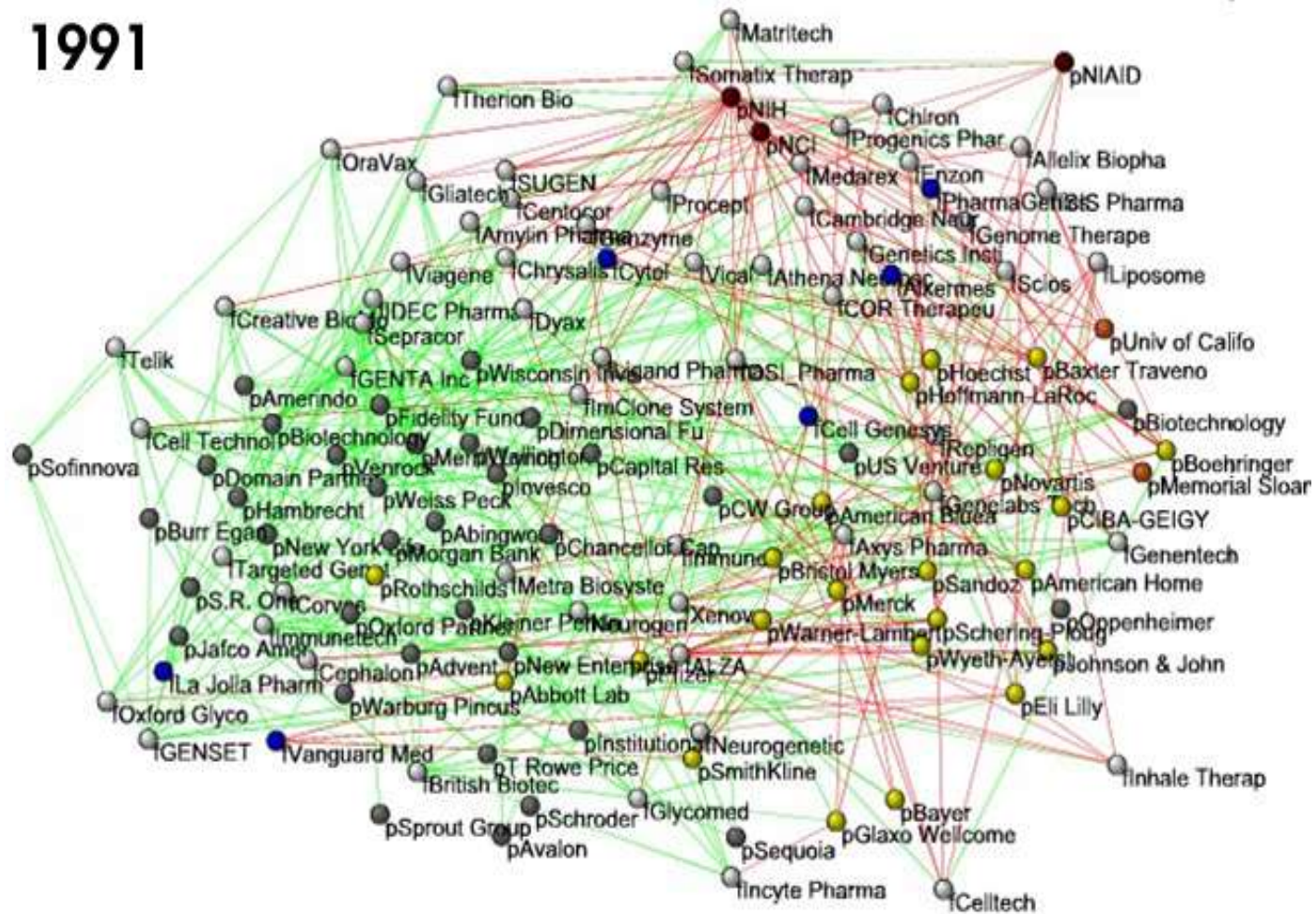
[www.orgnet.org](http://www.orgnet.org)

# Redes de colaboración científica



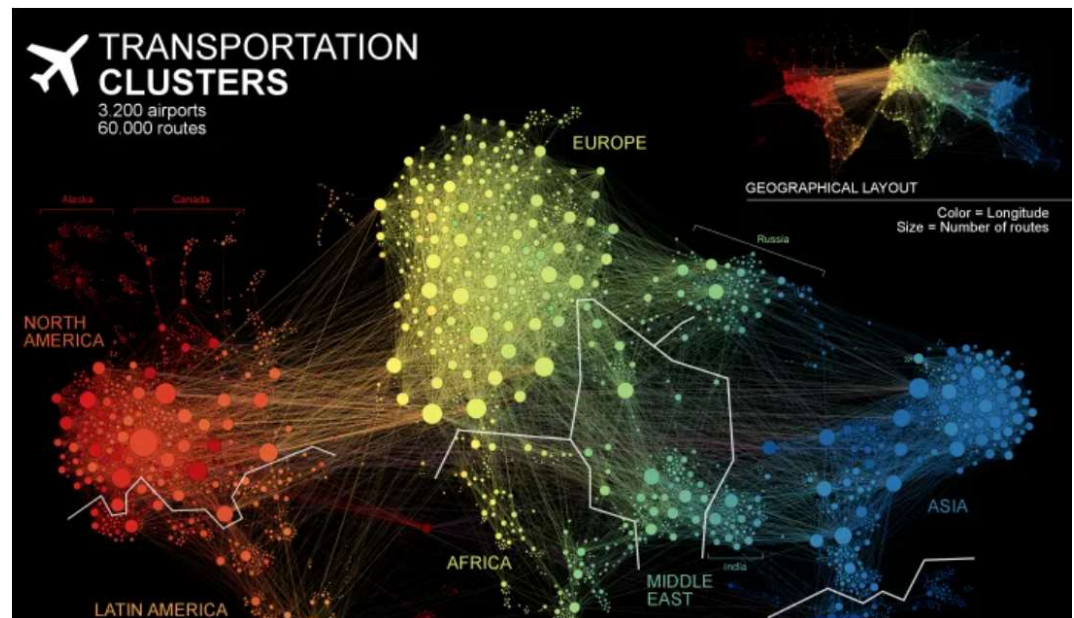
# Vínculos empresariales biotech- EUA

# 1991





# Redes de transporte



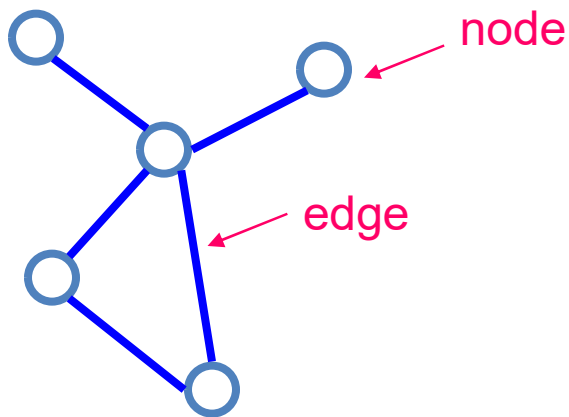


# Una red es un grafo

- Nodos conectados por enlaces
- Los grafos tienen propiedades
  - Generación
  - Distancia entre nodos
  - Alcanzabilidad
  - Conectividad
  - Difusión de información
  - Cooperación/colaboración
  - Tolerancia a fallas
- Entender esas propiedades es entender buena parte de nuestro universo

# Grafos

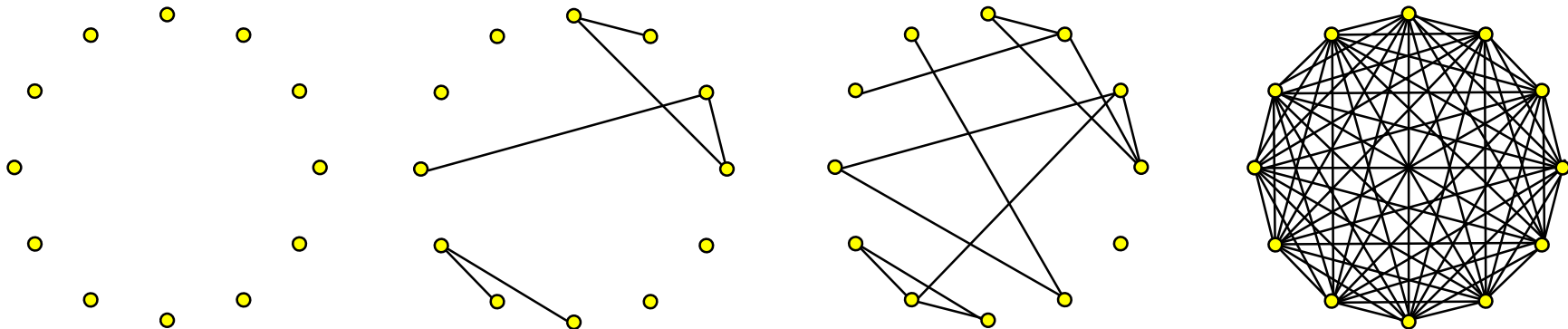
- Redes/Grafos son un conjunto de nodos conectados



Puntos	Líneas	Contexto
Vértices	Orillas, arcos	Matemáticas
Nodos	Enlaces, ligas	Computación
Sitios	Enlaces	Física
Actores	Relaciones, conexiones	Sociología

# ¿Cómo se forman las redes?

- Erdős y Rényi: Random networks (1959)

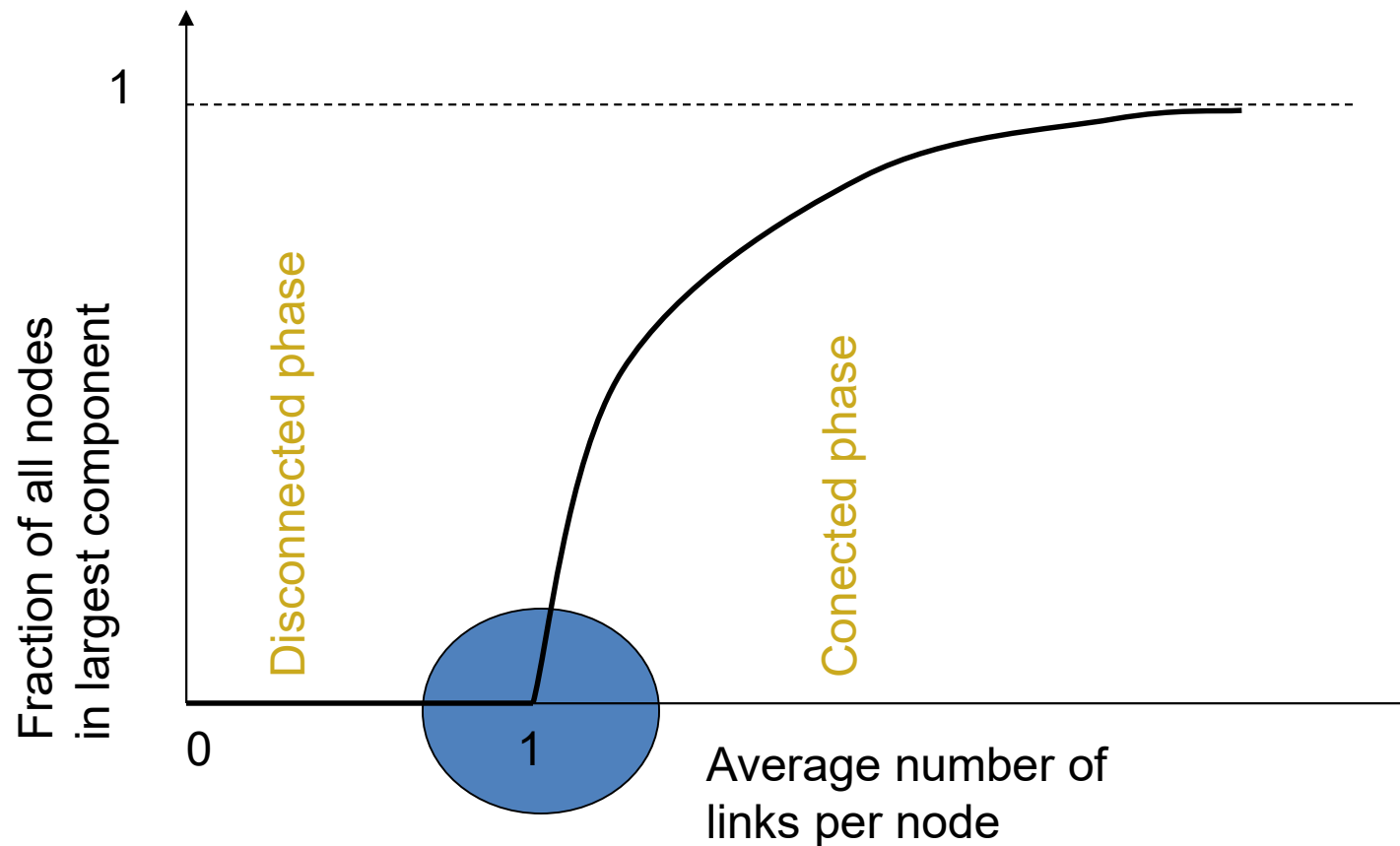


# Redes aleatorias

- Pocas componentes conexas (típicamente una)
- Bajo coeficiente de agrupamiento
- Magia cuando  $L$  (número de enlaces) es del orden de  $N$  (número de nodos): Aparece un componente gigante
- Muy útil pero insuficiente



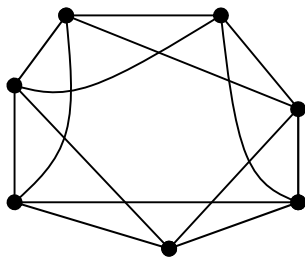
# Conectividad de una random network



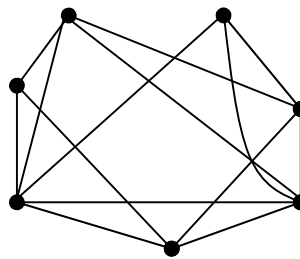
# Small worlds – Watts & Strogatz

- Seis grados
- Nuestra sociedad es muy densa
- Si en vez de una liga, cada nodo tiene, en promedio  $k$ :

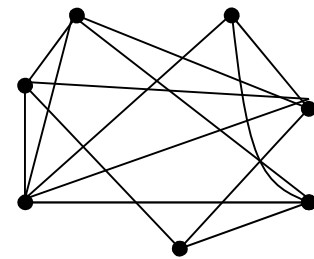
$$d = \log N / \log k$$



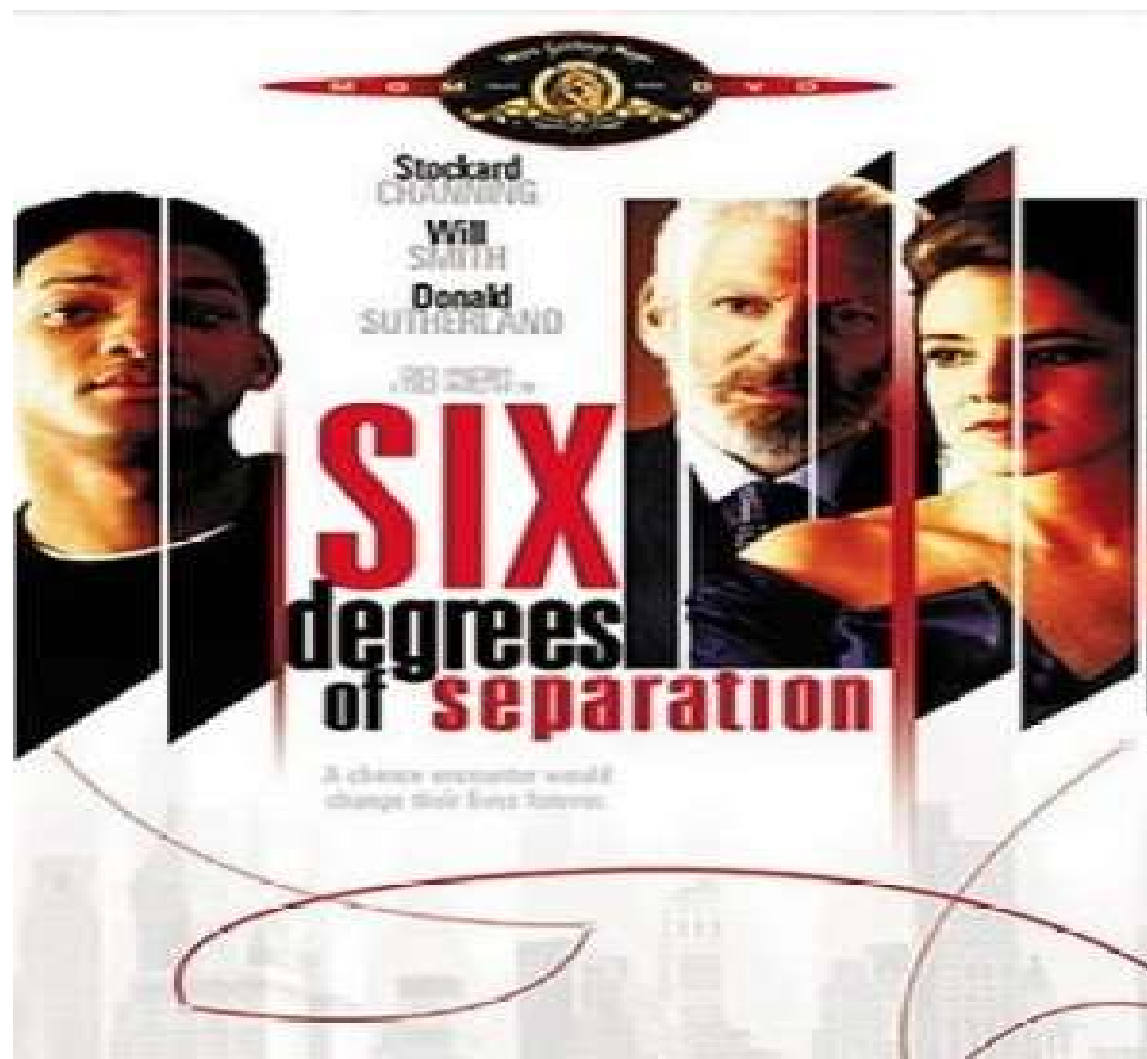
$p=0$



$p$  small



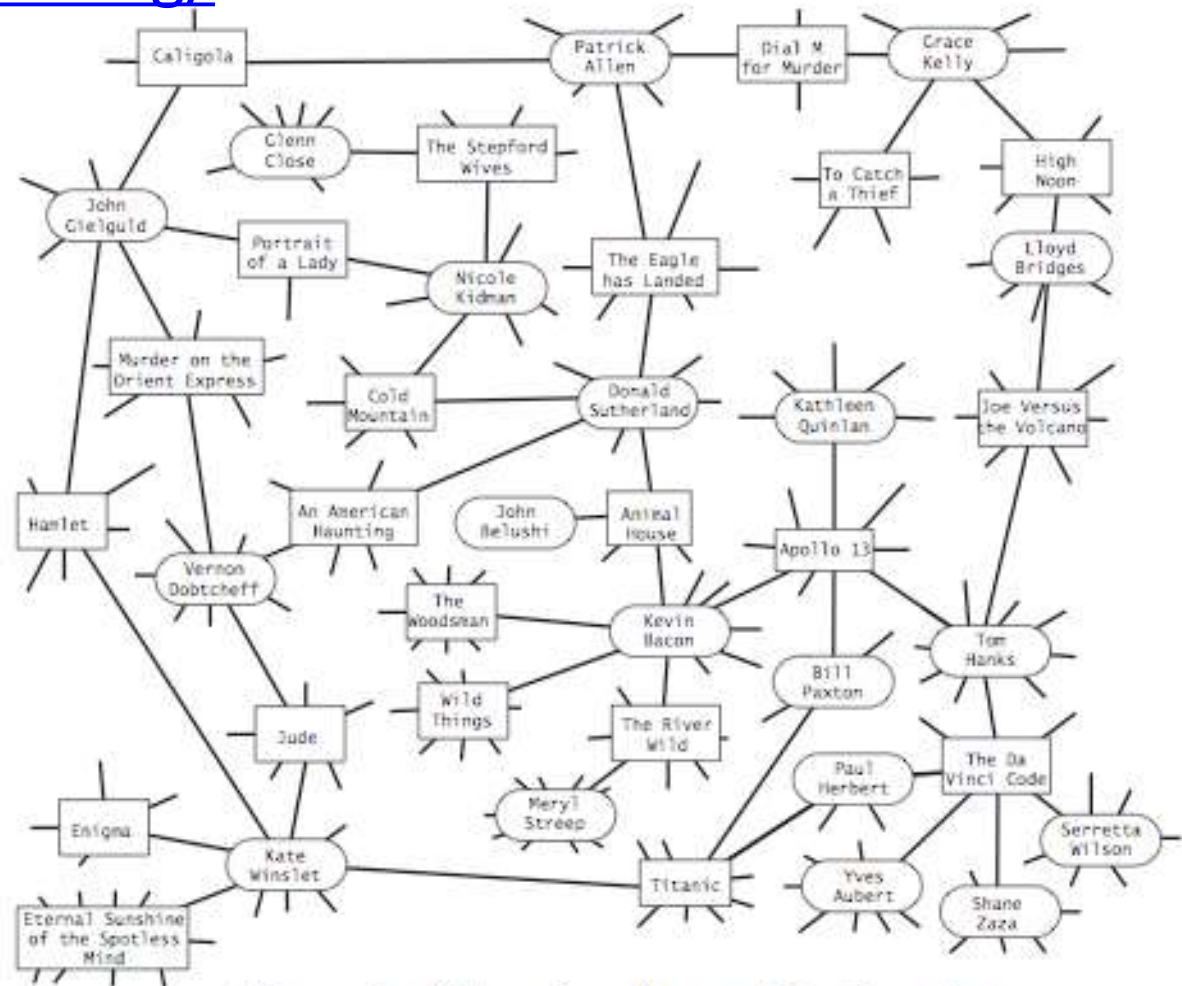
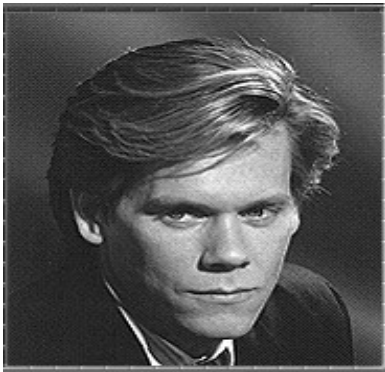
$p$  large



# “Bacon number”

- <http://oracleofbacon.org/>

*En matemáticas,  
Erdős number*



*A tiny portion of the movie-performer relationship graph*

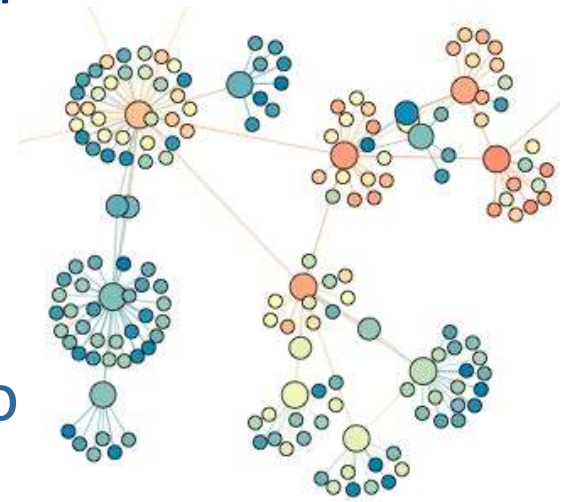


# Small worlds

- Lo común en casi todo tipo de redes, es tener una pequeña separación
- 1998. ¿Distancia entre dos documentos?
  - En promedio, 19.  $d = 0.35 + 2\log N$
  - ... la distancia más larga en las redes estudiadas (hasta 2005)
  - Lo difícil en internet no es la distancia, sino encontrar el documento

# El poder de los enlaces débiles - Granovetter

- Para conseguir un empleo, para diseminar un rumor, para crear una epidemia, los enlaces débiles son mucho más importantes que los vínculos fuertes
  - Nuestros contactos están en el mismo grupo fuertemente interrelacionado
  - Son enlaces débiles los que llevan a otras áreas



# Hubs y conectores – Ley Pareto

- Unas personas tienen muchos más conocidos que otras
  - Crean tendencias, cierran negocios, difunden noticias y rumores
- Hubs existen en cualquier sistema complejo
  - 80% de enlaces en 15% de las páginas
- Dominan la estructura de las redes y las hacen ver como “small worlds”

# Modelos de redes

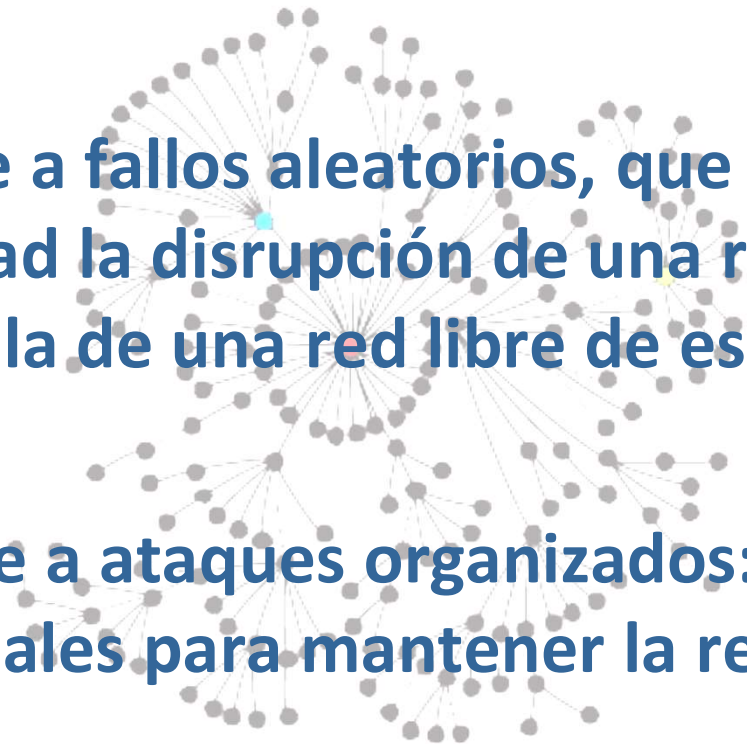
## Las redes “naturales” suelen tener...

- Una (o muy pocas) componentes conexas
    - Independientemente del tamaño de la red
  - Un diámetro pequeño (“6 grados de separación”)
    - Constante, que crece logarítmicamente o que incluso decrece con el tamaño de la red
  - Un alto grado de agrupamiento (comunidades)
    - Mucho mayor que el que resultaría de una red aleatoria (y, aún así, con un pequeño diámetro)
  - Mezcla de conexiones
    - Conexiones locales y de larga “distancia”
- ¿ comparten características “universales” ?



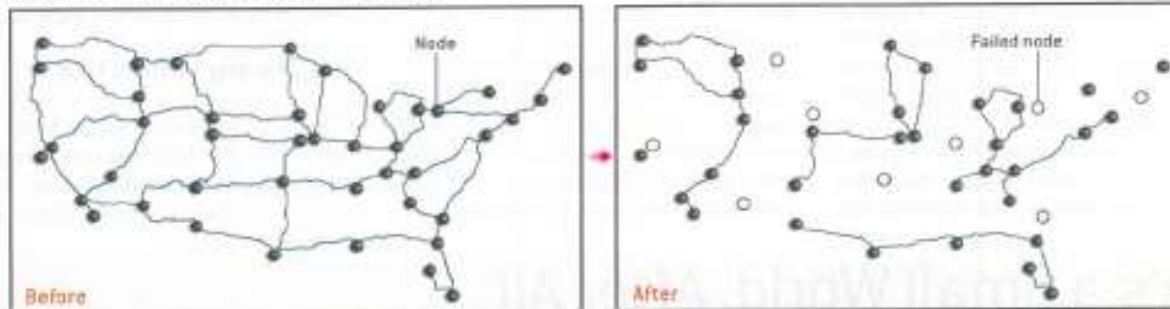
# Scale-free networks

- Muestran rasgos de auto-organización en sistemas complejos: Los enlaces no son aleatorios
- Resistentes frente a fallos aleatorios, que pueden causar con facilidad la disrupción de una red aleatoria pero no la de una red libre de escala.
- Vulnerables frente a ataques organizados: Los “hubs” son esenciales para mantener la red unida.

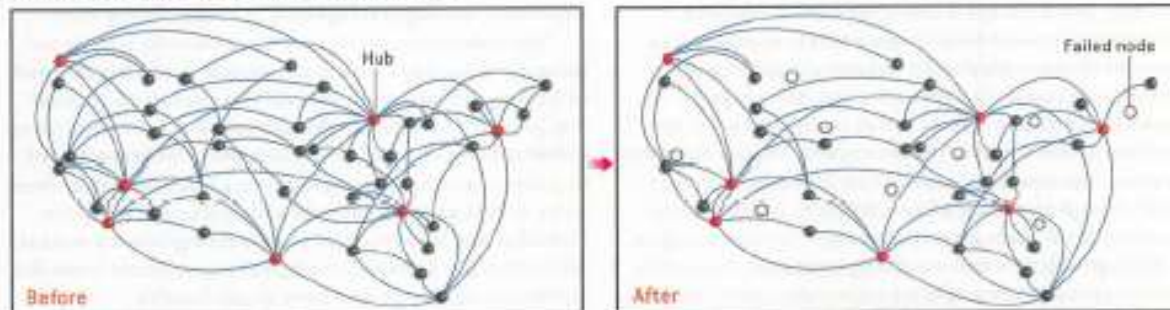


# Tolerancia a fallos

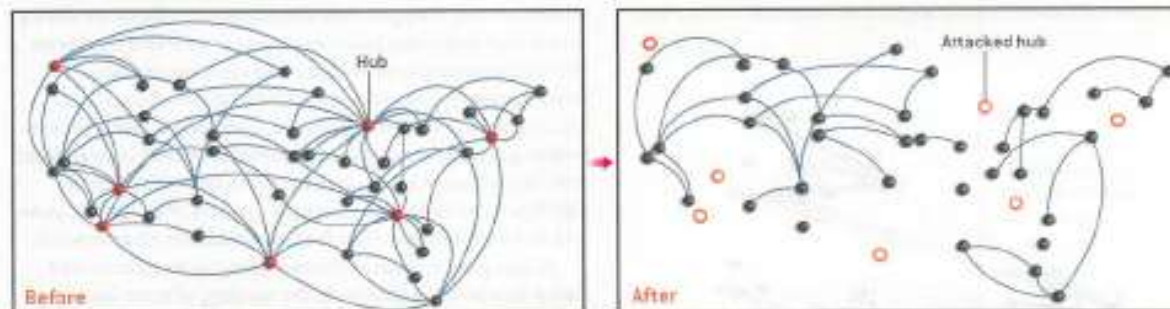
Random Network, Accidental Node Failure



Scale-Free Network, Accidental Node Failure



Scale-Free Network, Attack on Hubs



# Propiedades de las redes: Nodos

- Grado – Número de vertices adyacentes

- $\deg(N) \leq n-1$

- Si los enlaces tienen dirección

- Indegree – Vértices dirigidos hacia el nodo
    - Outdegree – Vértices dirigidos desde el nodo



# Propiedades de las redes - Enlaces

- Dirigidos
  - $A \rightarrow B$ 
    - A le dio un regalo a B, A es hijo de B, A va a B
- No dirigidos
  - $A \leftrightarrow B$  or  $A - B$ 
    - A y B publicaron un artículo
    - A y B son hermanos
    - A y B son amigos

# Atributos de enlaces

- Ejemplos:
  - Peso (e.g. frecuencia de comunicación)
  - ranking (mejor amigo, segundo mejor, ...)
  - Tipo (amigo, pariente, compañero de trabajo)
  - Propiedades que dependen de la estructura del resto del grafo, por ejemplo, intermediación (betweenness)

# Propiedades de las redes

## Propiedades de interés

- Componentes conectados:  
¿Cuántos? ¿De qué tamaño?
- Diámetro de la red:  
Distancia media, peor caso...
- Grado de los nodos (*degree distribution*)  
y existencia de “hubs” (vértices muy conectados)
- Agrupamiento  
(balance entre conexiones locales y de larga distancia; roles de ambos tipos de conexiones)



# Propiedades de las redes

**Conectividad** – Medida de la “robustez” en función del número de conexiones

- Pocos enlaces – redes débiles, fácilmente nodos desconectados
- Índices alfa, beta, gamma.  $\text{Beta} = e/n$

**Centralidad** – Influencia relativa de nodos individuales.

- Cercanía (*closeness*) – Mínima proximidad
- *Betweenness* – Capacidad de enlazar subredes entre sí (puentes)
- *Eigenvector* – La influencia depende de la conectividad con sus vecinos más cercanos (“A quién conoces”). Importancia por sus relaciones
- De grado (*degree*) – Proporción de nodos ligados a uno en particular. Existencia de *hubs* (“Influencers” en redes sociales).

# Propiedades de las redes

Densidad – Medida de la intensidad de interconexiones

Excentricidad – Distancia máxima entre un nodo y todos los demás

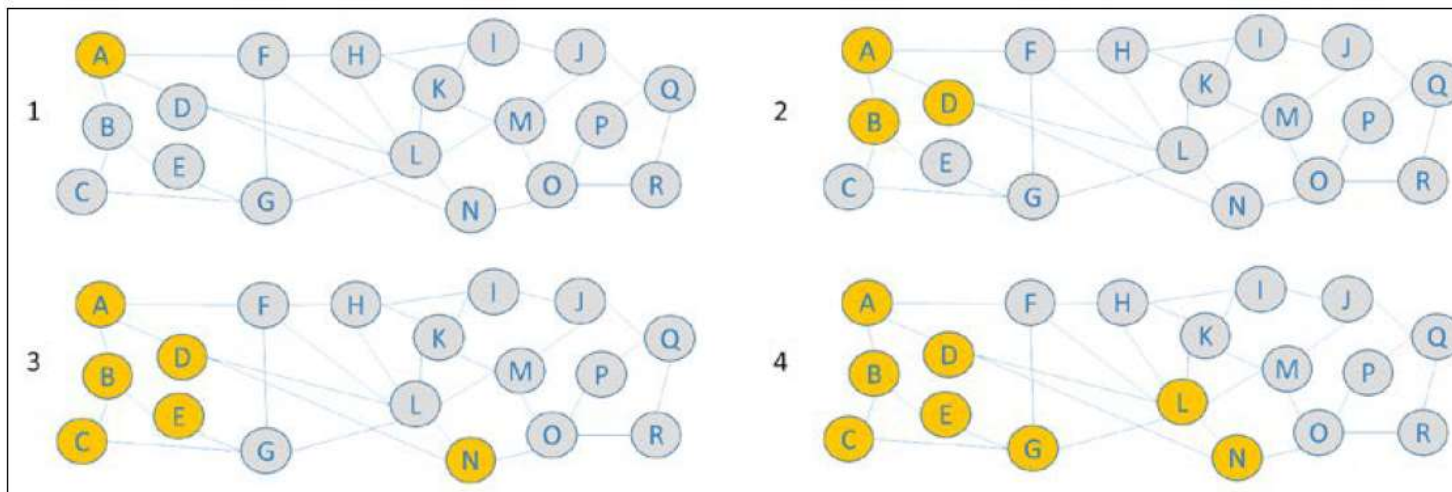
- La máxima excentricidad es el **diámetro del grafo**
- La mínima excentricidad es el **radio del grafo** (el menor de las distancias máximas)

Circunferencia – Número de enlaces en el ciclo más largo

# Comportamiento de redes

Contagio – Capacidad de dispersión de una enfermedad, una idea, un rumor, una innovación, ...

- La velocidad de diseminación depende de la estructura de la red y de la existencia de *hubs*.
- Redes con clusters relativamente aislados, limitan la diseminación.



Prob. de adopción: 33%

# Referencias

- Cherven, K., *Mastering Gephi Network Visualization*, PackT Publishing, 2015
- <https://github.com/gephi/gephi/wiki/Datasets>