

:: U4 ::

Análisis de estructuras en red

1. Introducción a las redes



Curso 2022-23

Apartados

1. De los grafos a las redes
2. Aplicaciones del análisis de redes
3. Conceptos y términos
4. Grafos bipartitos (y proyectados)



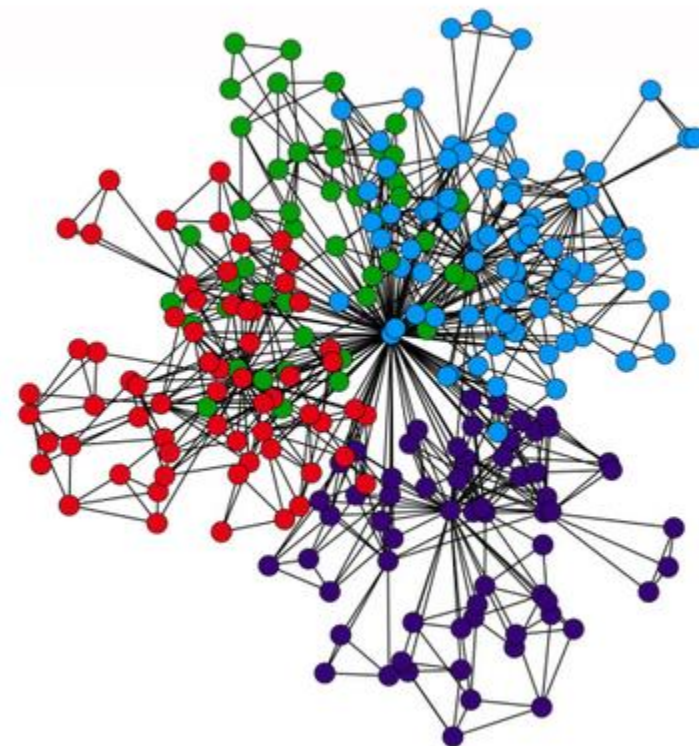
1. De los grafos a las redes



CIPFP Mislata
Centre Integrat Públic
Formació Professional Superior

Redes: Un conjunto de objetos (nodos) con interconexiones (bordes).

Las redes proceden del concepto matemático de **grafo**.



1. De los grafos a las redes



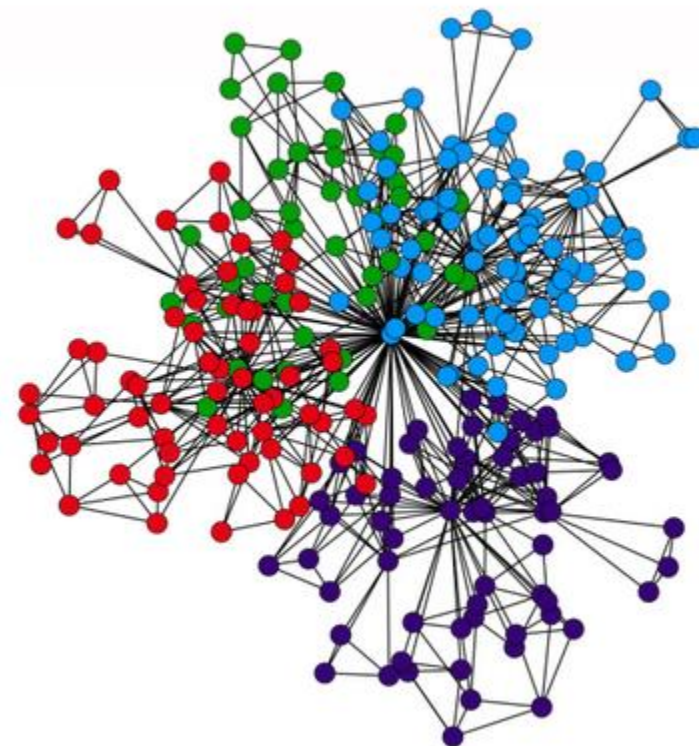
CIPFP Mislata
Centre Integrat Públic
Formació Professional Superior

Redes: Un conjunto de objetos (nodos) con interconexiones (bordes).

Las redes proceden del concepto matemático de **grafo**.

¿Por qué resulta de interés analizar la composición de las redes?

¡Porque están en todas partes!

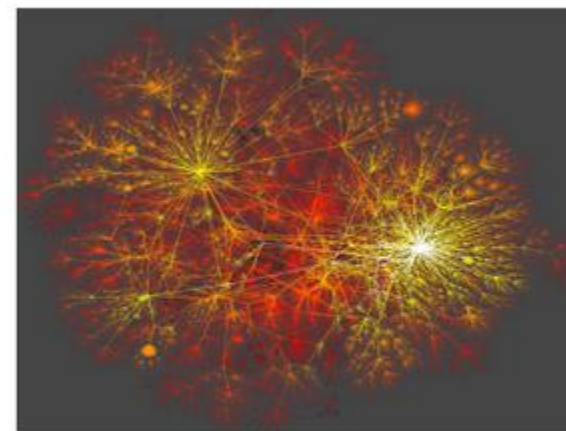


1. De los grafos a las redes

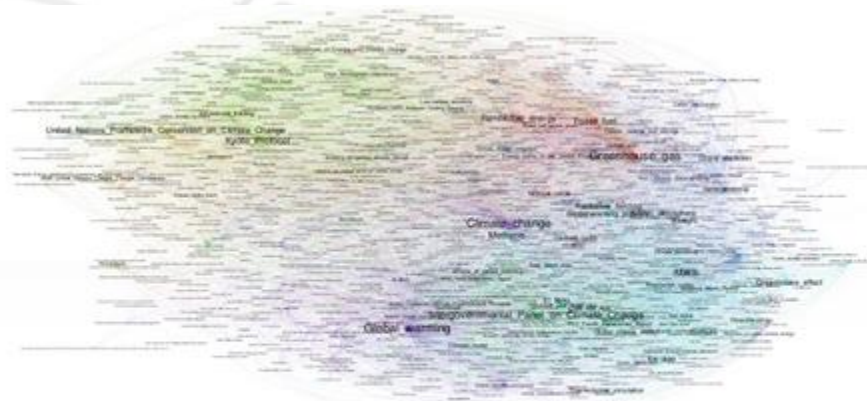


CIPFP Mislata
Centre Integrat Públic
Formació Professional Superior

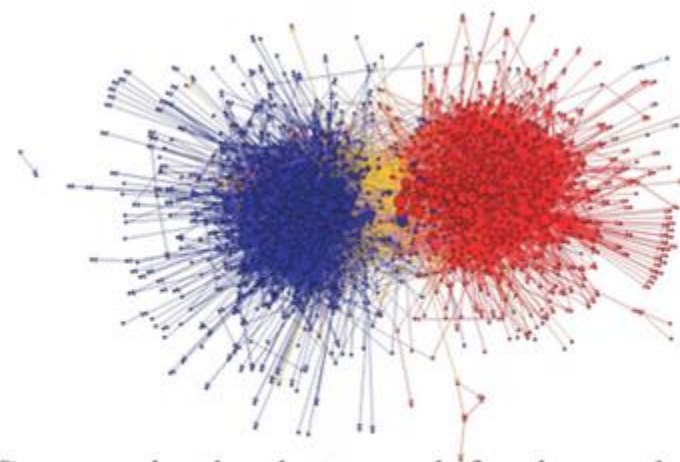
Redes de información



Internet Connectivity [K. C. Claffy]



Network of Wikipedia articles
about climate change [EMAPS]



Communication between left-wing and right-wing political blogs [Adamic & Glance 2005]

1. De los grafos a las redes

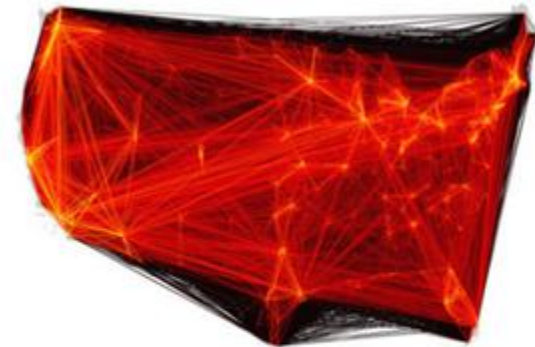


CIPFP Mislata
Centre Integrat Públic
Formació Professional Superior

Redes de transporte y logística



Network of direct flights around the world
[Bio.Diaspora]



Human mobility network based
on location of dollar bills (Where's George)
[Thiemann et al. 2010]



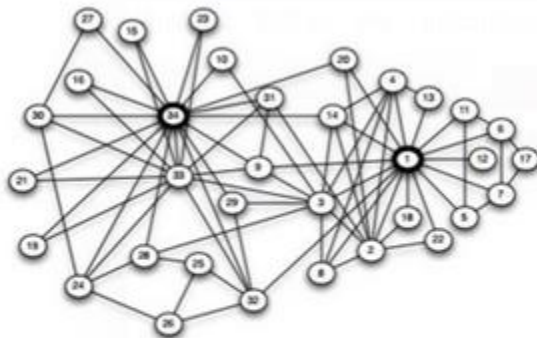
Ann Arbor bus transportation network

1. De los grafos a las redes

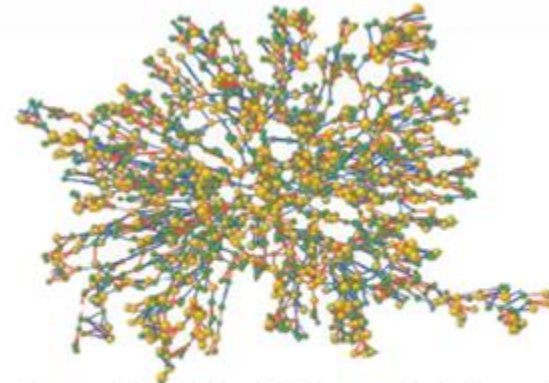


CIPFP Mislata
Centre Integrat Públic
Formació Professional Superior

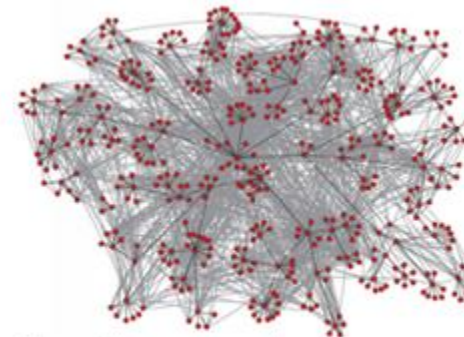
Redes Sociales



Friendship network in a 34-person karate club
[Zachary 1977]



Network of friendship, marital tie, and
family tie among 2200 people
[Christakis & Fowler 2007]



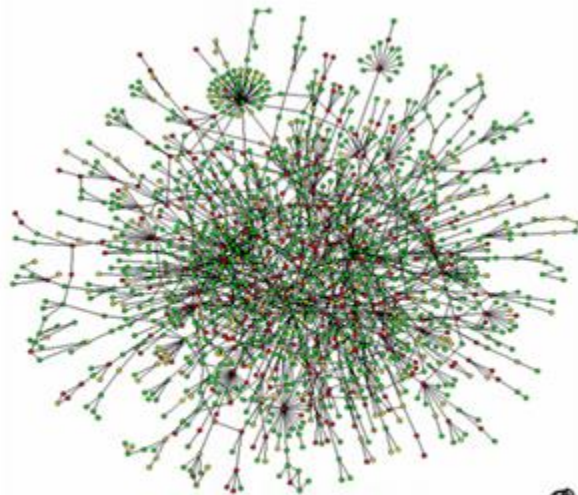
E-mail communication network
among 436 HP employees [Adamic & Adar 2005]

1. De los grafos a las redes

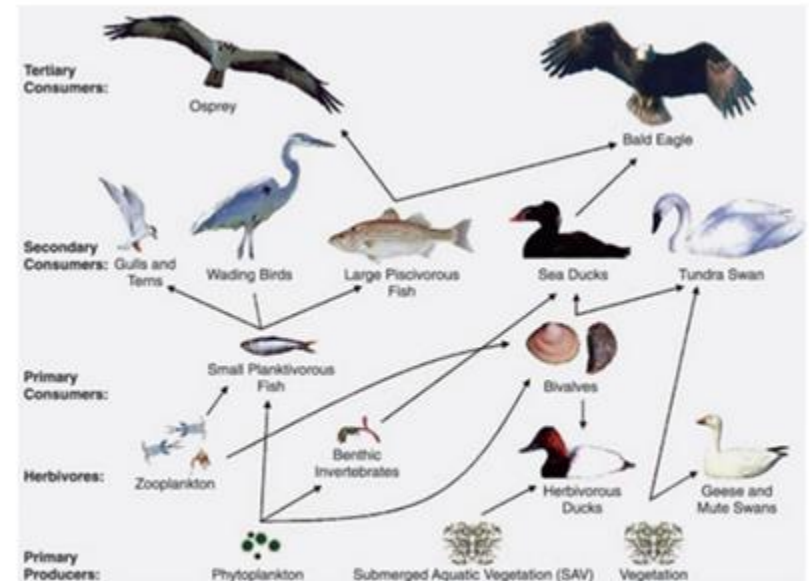


CIPFP Mislata
Centre Integrat Públic
Formació Professional Superior

Redes biológicas



Protein-protein interactions
[Jeong et al. 2001]



Chesapeake Bay Waterbird Food Web
[Perry et al. 2005]

1. De los grafos a las redes



CIPFP Mislata
Centre Integrat Públic
Formació Professional Superior

... además de ...

- redes financieras
- redes comerciales
- redes de autores
- ...

1. De los grafos a las redes



CIPFP Mislata
Centre Integrat Públic
Formació Professional Superior

.... y en sistemas informáticos de última generación

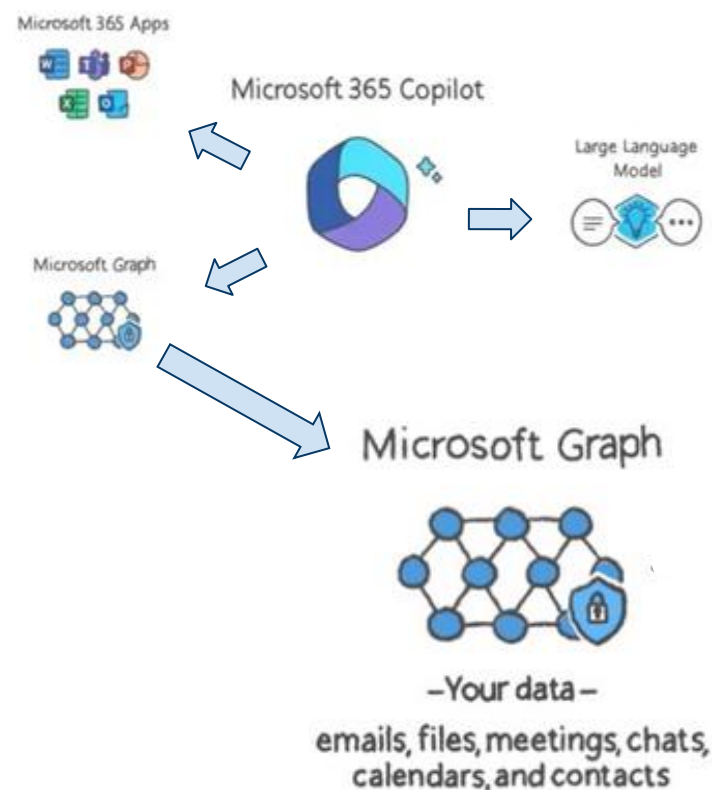


1. De los grafos a las redes



CIPFP Mislata
Centre Integrat Públic
Formació Professional Superior

.... y en sistemas informáticos de última generación



2. Aplicaciones del análisis de redes



CIPFP Mislata
Centre Integrat Públic
Formació Professional Superior

Las redes están en todas partes, pero ...

¿Qué podemos hacer con ellas?



E-mail communication network
among 436 HP employees

2. Aplicaciones del análisis de redes



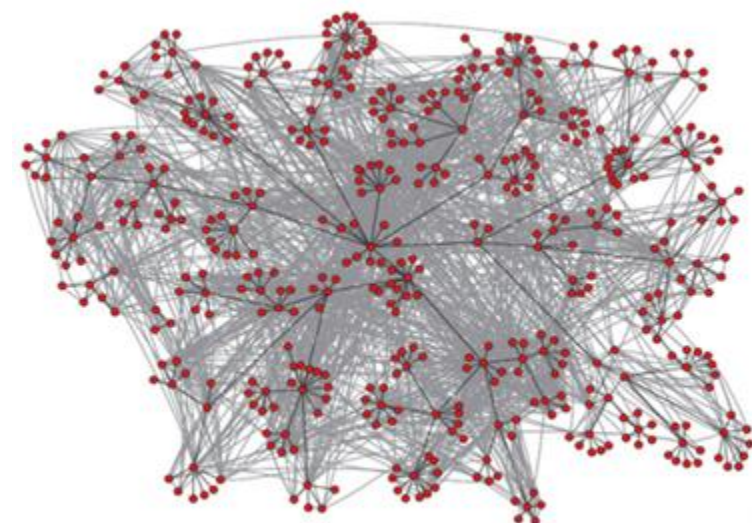
CIPFP Mislata
Centre Integrat Públic
Formació Professional Superior

Las redes están en todas partes, pero ...

¿Qué podemos hacer con ellas?

Ejemplo:

¿Es probable que se propague un rumor en esta red?



E-mail communication network
among 436 HP employees

2. Aplicaciones del análisis de redes



CIPFP Mislata
Centre Integrat Públic
Formació Professional Superior

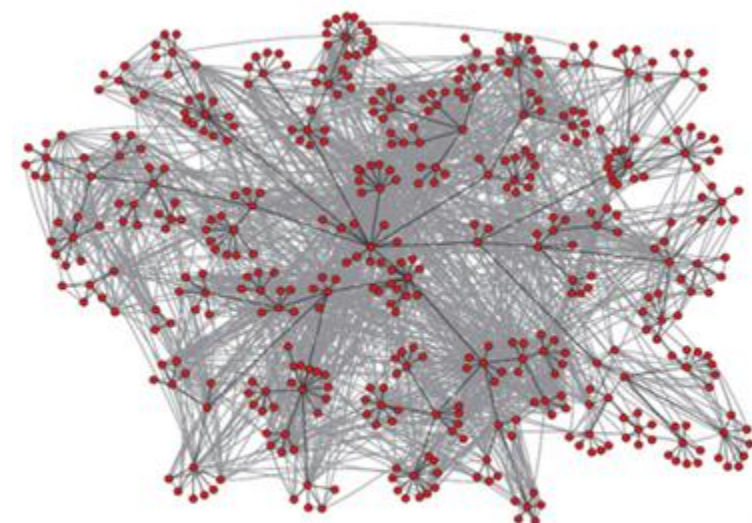
Las redes están en todas partes, pero ...

¿Qué podemos hacer con ellas?

Ejemplo:

¿Es probable que se propague un rumor en esta red?

¿Quiénes son las personas más influyentes en esta organización?



E-mail communication network
among 436 HP employees

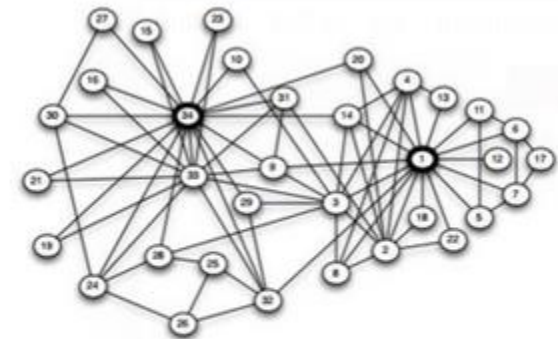
2. Aplicaciones del análisis de redes



CIPFP Mislata
Centre Integrat Públic
Formació Professional Superior

Las redes están en todas partes, pero ...

¿Qué podemos hacer con ellas?



Friendship network in a 34-person karate club
[Zachary 1977]

2. Aplicaciones del análisis de redes



CIPFP Mislata
Centre Integrat Públic
Formació Professional Superior

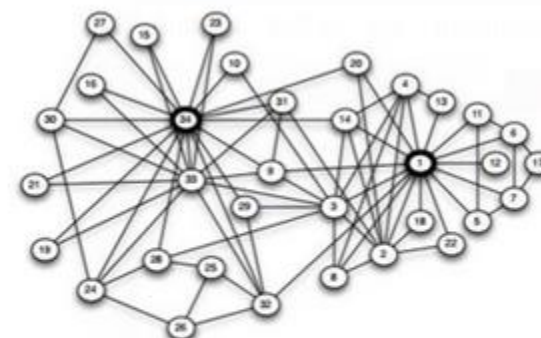
Las redes están en todas partes, pero ...

¿Qué podemos hacer con ellas?

Ejemplo:

¿Es probable que este club se divida en dos grupos?

Si es así ... ¿qué nodos formarían parte de cada grupo?



Friendship network in a 34-person karate club
[Zachary 1977]

2. Aplicaciones del análisis de redes



CIPFP Mislata
Centre Integrat Públic
Formació Professional Superior

Las redes están en todas partes, pero ...

¿Qué podemos hacer con ellas?



Network of direct flights around the world
[Bio.Diaspora]

2. Aplicaciones del análisis de redes



CIPFP Mislata
Centre Integrat Públic
Formació Professional Superior

Las redes están en todas partes, pero ...

¿Qué podemos hacer con ellas?

Ejemplo:

¿Qué aeropuertos tienen un riesgo mayor de propagación de cierto virus?

¿Qué destinos estarían menos expuestos?



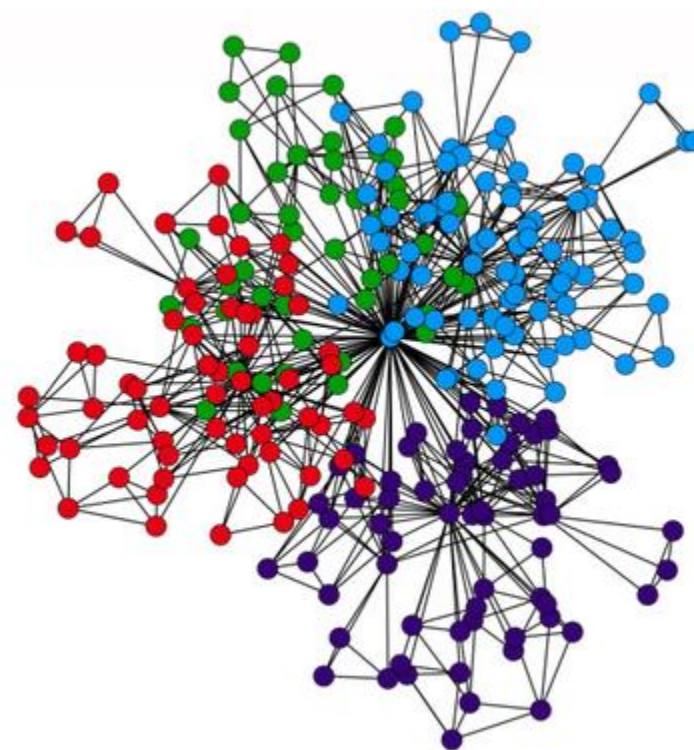
Network of direct flights around the world
[Bio.Diaspora]

2. Aplicaciones del análisis de redes



CIPFP Mislata
Centre Integrat Públic
Formació Professional Superior

- Muchas estructuras complejas pueden ser pensadas como redes.
- El análisis de redes ofrece una herramienta complementaria útil la ciencia de datos para la comprensión de fenómenos complejos



3. Conceptos y términos

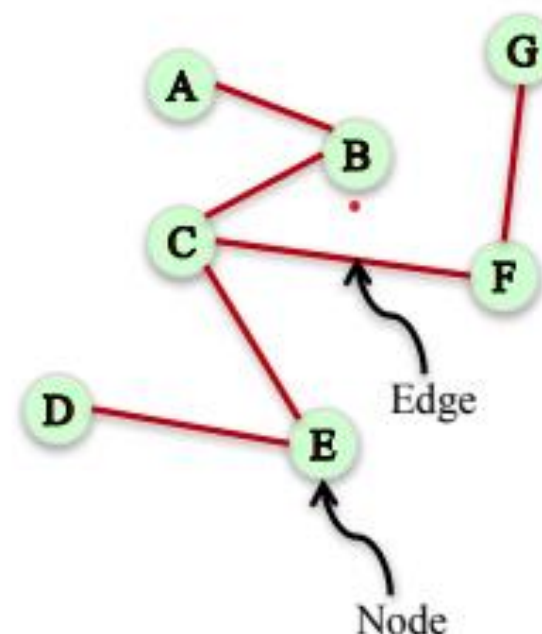


CIPFP Mislata
Centre Integrat Públic
Formació Professional Superior

Red (o Grafo):

Representación de **conexiones** entre un conjunto de elementos.

- Los elementos se denominan **"nodos"** (o "vértices")
- Las conexiones se llaman **"enlaces"** o **"aristas"** (del inglés "edges")



3. Conceptos y términos

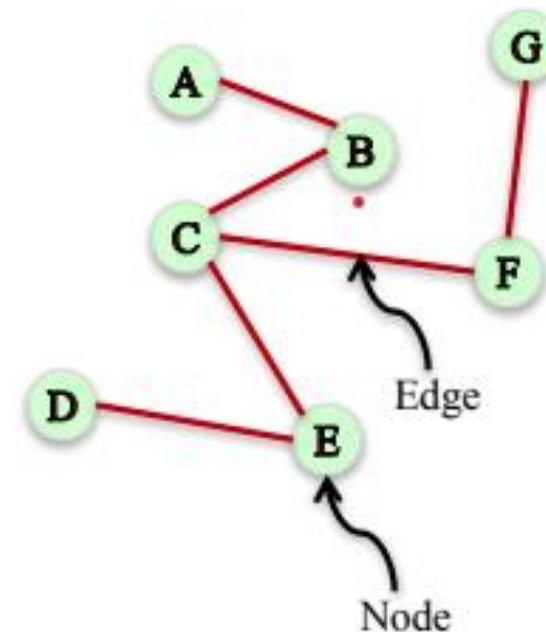


CIPFP Mislata
Centre Integrat Públic
Formació Professional Superior

Red (o Grafo):

Representación de **conexiones** entre un conjunto de elementos.

- Los elementos se denominan **"nodos"** (o "vértices")
- Las conexiones se llaman **"enlaces"** o **"aristas"** (del inglés "edges")



En Python ...

```
import networkx as nx
G = nx.Graph()
G.add_edge('A','B')
G.add_edge('B','C')
...
```

3. Conceptos y términos



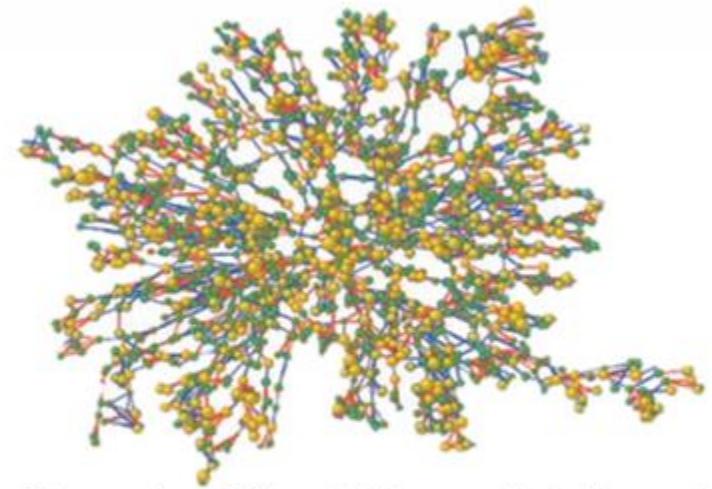
CIPFP Mislata
Centre Integrat Públic
Formació Professional Superior

Nodos:

- personas

Enlaces:

- lazos de amistad, vínculos matrimoniales y familiares
- relaciones simétricas



Network of friendship, marital tie, and family tie among 2200 people
[Christakis & Fowler 2007]

3. Conceptos y términos



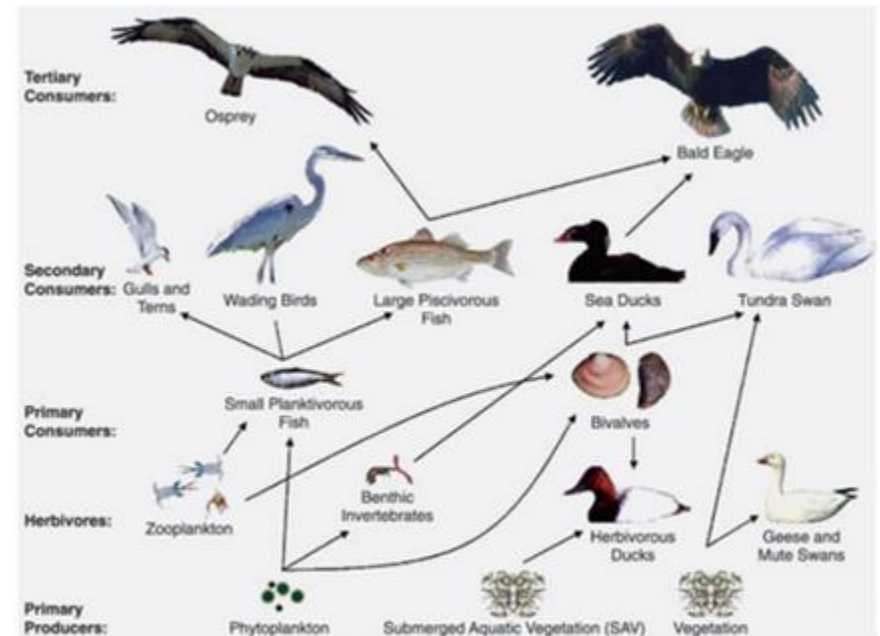
CIPFP Mislata
Centre Integrat Públic
Formació Professional Superior

Nodos:

- aves

Enlaces:

- ¿quién se come a quién?
- relaciones asimétricas



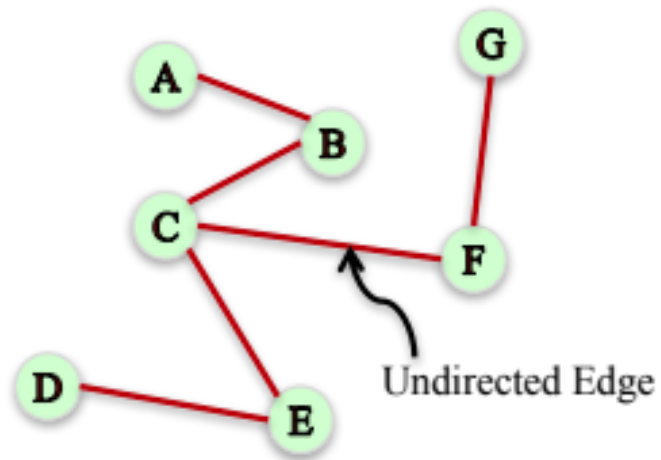
Chesapeake Bay Waterbird Food Web
[Perry et al. 2005]

3. Conceptos y términos

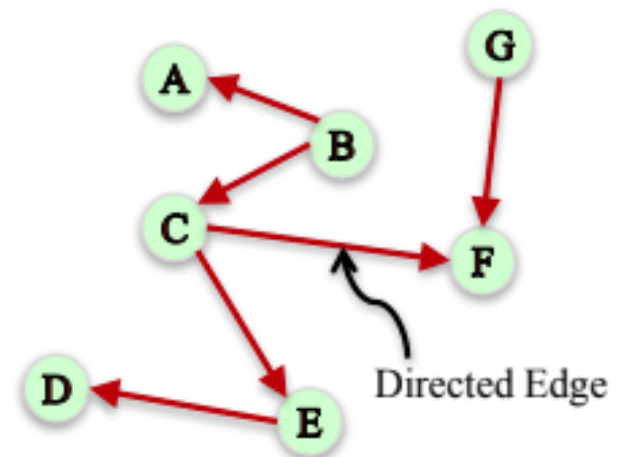


CIPFP Mislata
Centre Integrat Públic
Formació Professional Superior

Direccionalidad



Red no dirigida:
los bordes no tienen dirección



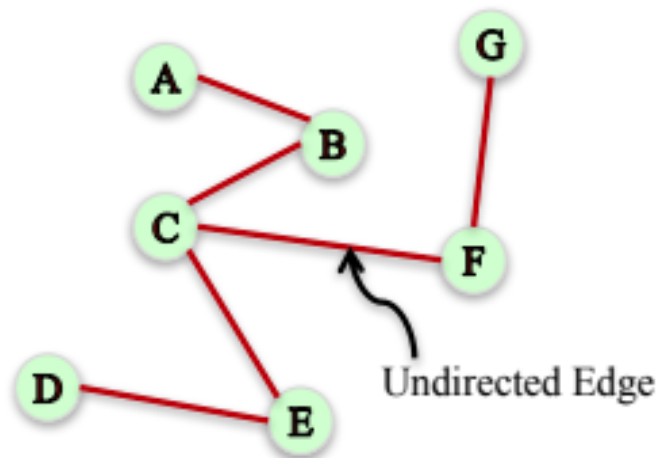
Red dirigida:
los bordes tienen dirección

3. Conceptos y términos



CIPFP Mislata
Centre Integrat Públic
Formació Professional Superior

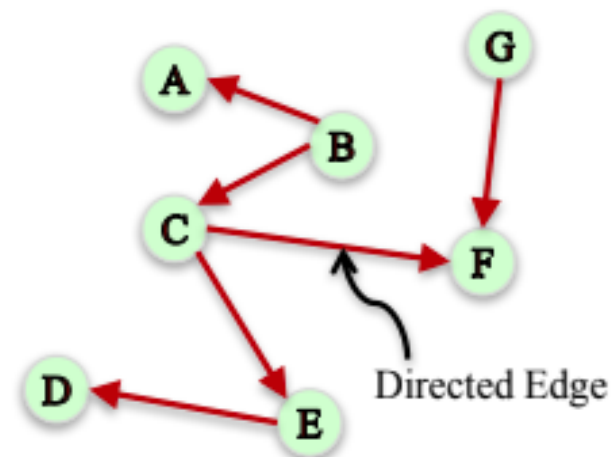
Direccionalidad



Red no dirigida:
los bordes no tienen dirección

```
G=nx.Graph()  
G.add_edge('A','B')  
G.add_edge('B','C')
```

... en Python ...



Red dirigida:
los bordes tienen dirección

```
G=nx.DiGraph()  
G.add_edge('B', 'A')  
G.add_edge('B','C')
```

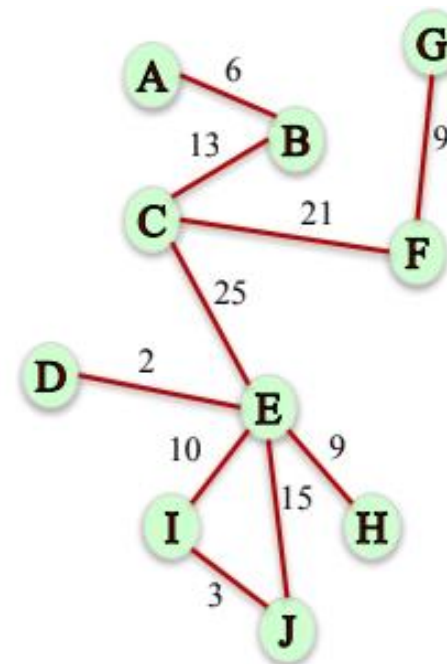
3. Conceptos y términos



CIPFP Mislata
Centre Integrat Públic
Formació Professional Superior

Redes ponderadas

- No todas las relaciones son iguales.
- Algunos bordes tienen mayor peso que otros.
- Red ponderada: red donde a los enlaces se les asigna un peso (típicamente numérico).



Número de veces que los compañeros
de trabajo han
almorzado juntos en un año

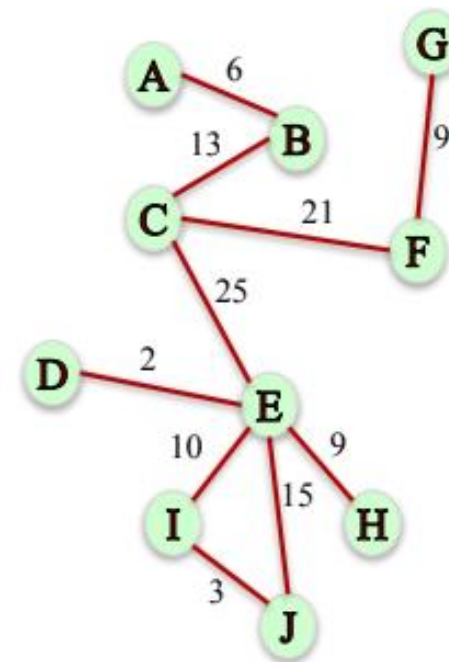
3. Conceptos y términos



CIPFP Mislata
Centre Integrat Públic
Formació Professional Superior

Redes ponderadas

- No todas las relaciones son iguales.
- Algunos bordes tienen mayor peso que otros.
- Red ponderada: red donde a los enlaces se les asigna un peso (típicamente numérico).



Número de veces que los compañeros
de trabajo han
almorzado juntos en un año

En Python ...

```
G=nx.Graph()
G.add_edge('A','B', weight = 6)
G.add_edge('B','C', weight = 13)
```

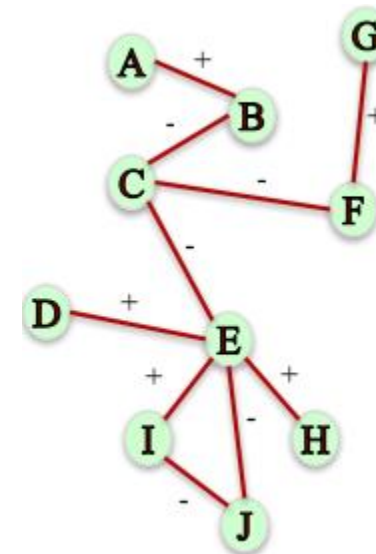
3. Conceptos y términos



CIPFP Mislata
Centre Integrat Públic
Formació Professional Superior

Redes con signos

- Algunas redes pueden representar información sobre el grado de amistad o enemistad basado en la afinidad entre sus miembros.
- Por ejemplo, en sitios como *Meneame* las personas pueden mostrar más o menos afinidad.
- Red con signos: redes donde los enlaces tienen un signo positivo o negativo asignado.



Amistad vs enemistad

En Python ...

```
G=nx.Graph()
G.add_edge('A','B', sign= '+')
G.add_edge('B','C', sign= '-')
```

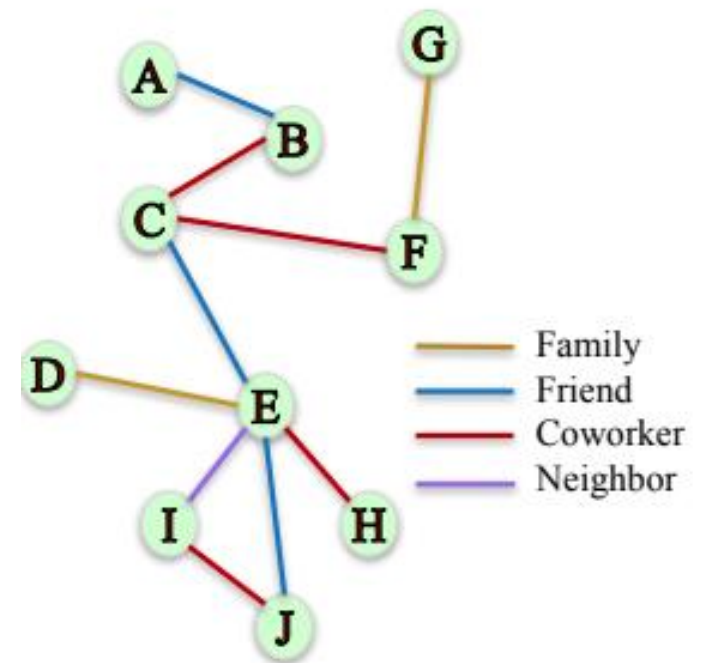
3. Conceptos y términos



CIPFP Mislata
Centre Integrat Públic
Formació Professional Superior

Enlaces con atributos diversos

Los enlaces pueden llevar información diversa en forma de etiquetas o atributos.



3. Conceptos y términos



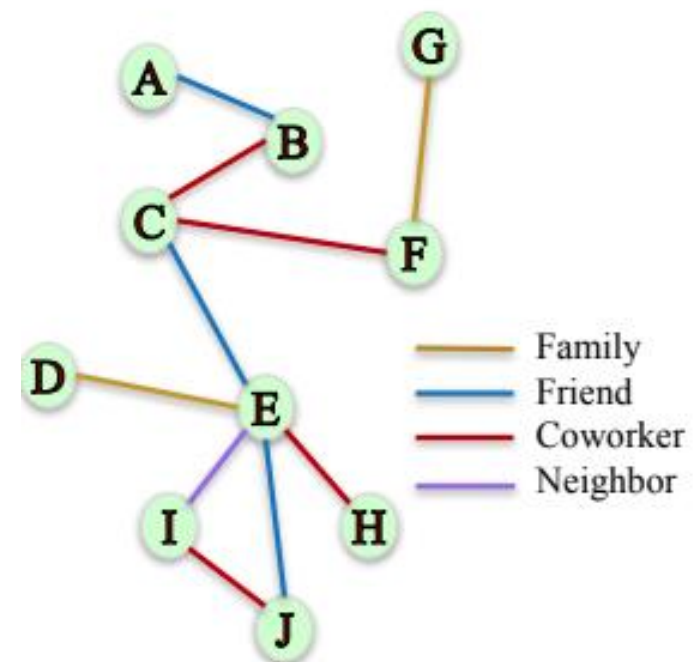
CIPFP Mislata
Centre Integrat Públic
Formació Professional Superior

Enlaces con atributos diversos

Los enlaces pueden llevar información diversa en forma de etiquetas o atributos.

En Python ...

```
G=nx.Graph()
G.add_edge('A','B', relation= 'friend')
G.add_edge('B','C', relation= 'coworker')
G.add_edge('D','E', relation= 'family')
G.add_edge('E','I', relation= 'neighbor')
```



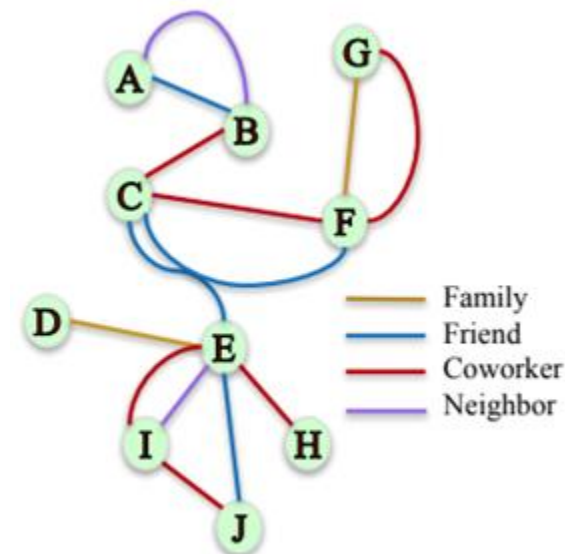
3. Conceptos y términos



CIPFP Mislata
Centre Integrat Públic
Formació Professional Superior

Multigrafos

- Un par de nodos puede tener diferentes tipos de relaciones simultáneamente
- Multigrafo: Una red donde pueden existir múltiples relaciones entre sus nodos
- Los enlaces pueden conectar los mismos nodos (enlaces paralelos).



En Python ...

```
G=nx.MultiGraph()  
G.add_edge('A','B', relation= 'friend')  
G.add_edge('A','B', relation= neighbor')  
G.add_edge('G','F', relation= 'family')  
G.add_edge('G','F', relation= 'coworker')
```

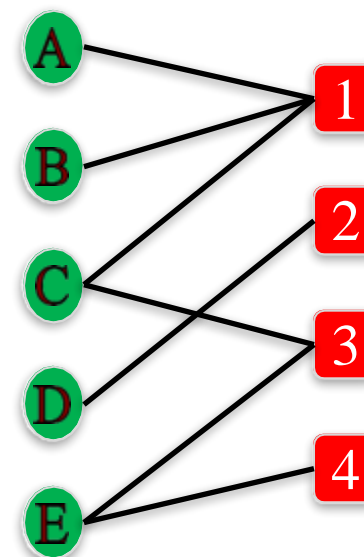
4. Grafos bipartitos



CIPFP Mislata
Centre Integrat Públic
Formació Professional Superior

Fans

Equipos de fútbol



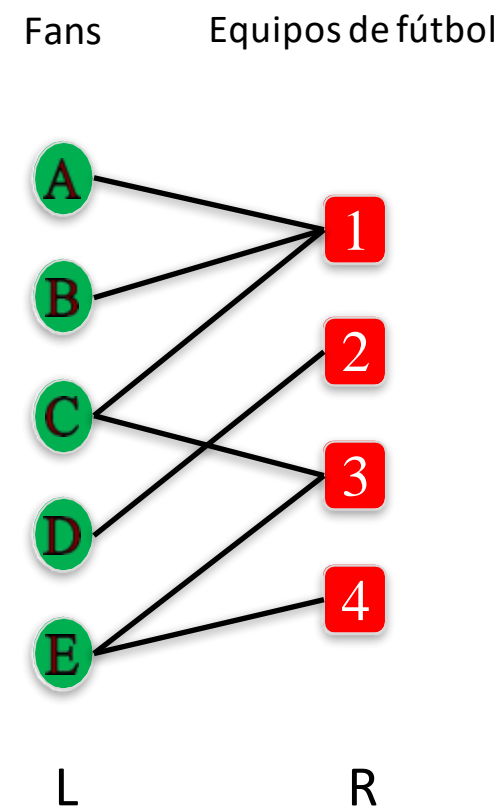
4. Grafos bipartitos



CIPFP Mislata
Centre Integrat Públic
Formació Professional Superior

Gráfico bipartito: un grafo cuyos nodos se pueden dividir en dos conjuntos L y R, donde existen enlaces que conectan nodos de L con nodos de R.

Permiten modelar como redes la relación entre elementos de diferentes grupos.



4. Grafos bipartitos



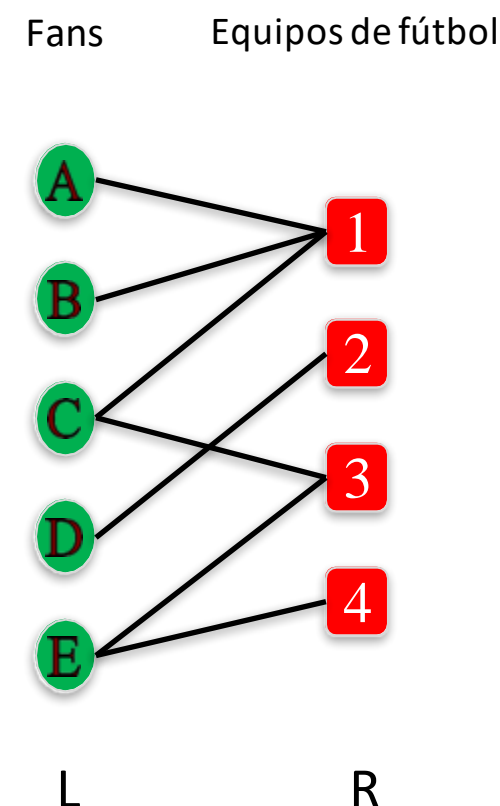
CIPFP Mislata
Centre Integrat Públic
Formació Professional Superior

Gráfico bipartito: un grafo cuyos nodos se pueden dividir en dos conjuntos L y R, donde existen enlaces que conectan nodos de L con nodos de R.

Permiten modelar como redes la relación entre elementos de diferentes grupos.

Ejemplo de aplicación:

- sistemas de recomendación en las plataformas de comercio electrónico.



4. Grafos bipartitos



Gráfico bipartito: un grafo cuyos nodos se pueden dividir en dos conjuntos L y R, donde existen enlaces que conectan nodos de L con nodos de R.

```
from networkx.algorithms import bipartite
```

```
# no hay un tipo de grafo específico para grafos bipartitos
```

```
G = nx.Graph()
```

```
# se añade un atributo de pertenencia a uno de los grupos
```

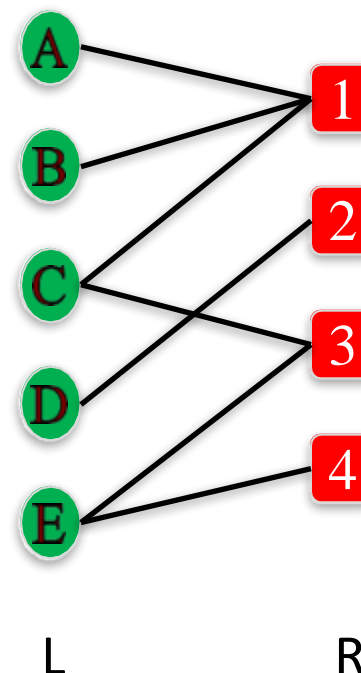
```
G.add_nodes_from(['A','B','C','D', 'E'], bipartite=0)
```

```
# se añade un atributo de pertenencia al otro grupo
```

```
G.add_nodes_from([1,2,3,4], bipartite=1)
```

```
G.add_edges_from([('A',1), ('B',1), ('C',1), ('C',3), ('D',2), ('E',3), ('E', 4)])
```

Fans Equipos de fútbol



4. Grafos bipartitos



CIPFP Mislata
Centre Integrat Públic
Formació Professional Superior

Se puede comprobar si un grafo es bipartito ...

```
In: bipartite.is_bipartite(G)
```

```
Out: True
```

```
In: G.add_edge('A', 'B')
```

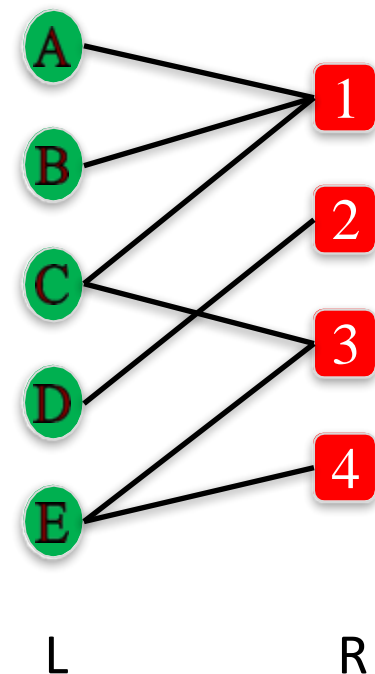
```
In: bipartite.is_bipartite(G)
```

```
Out: False
```

```
G.remove_edge('A', 'B')
```

Fans

Equipos de fútbol



4. Grafos bipartitos



CIPFP Mislata
Centre Integrat Públic
Formació Professional Superior

Se puede comprobar si cierto conjunto de nodos conforman una partición ...

```
In: X = set([1,2,3,4])
```

```
In: bipartite.is_bipartite_node_set(G,X)
```

```
Out: True
```

```
X = set(['A', 'B', 'C', 'D', 'E'])
```

```
In: bipartite.is_bipartite_node_set(G,X)
```

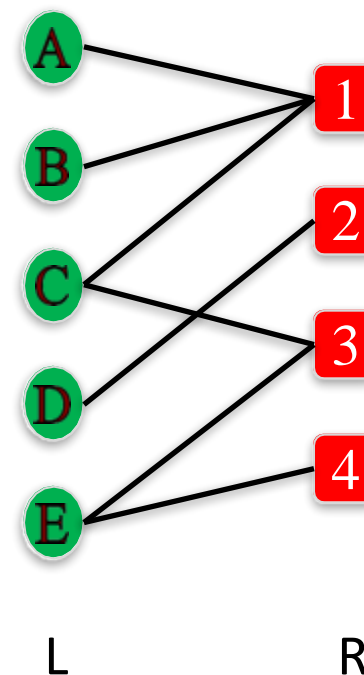
```
Out: True
```

```
X = set([1,2,3,4, 'A'])
```

```
In: bipartite.is_bipartite_node_set(G,X)
```

```
Out: False
```

Fans Equipos de fútbol



4. Grafos bipartitos



CIPFP Mislata
Centre Integrat Públic
Formació Professional Superior

Se puede extraer el conjunto de nodos que integran cada partición en un grafo bipartito ...

In: `bipartite.sets(G)`

Out: `({'A', 'B', 'C', 'D', 'E'}, {1, 2, 3, 4})`

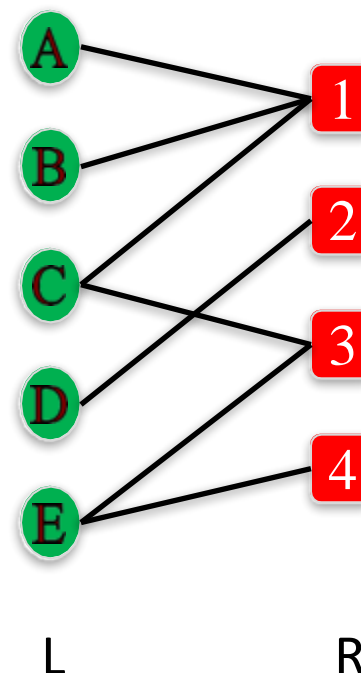
In: `G.add_edge('A', 'B')`

In: `bipartite.sets(G)`

Out: `NetworkXError: Graph is not bipartite.`

`G.remove_edge('A', 'B')`

Fans Equipos de fútbol



4. Grafos bipartitos proyectados

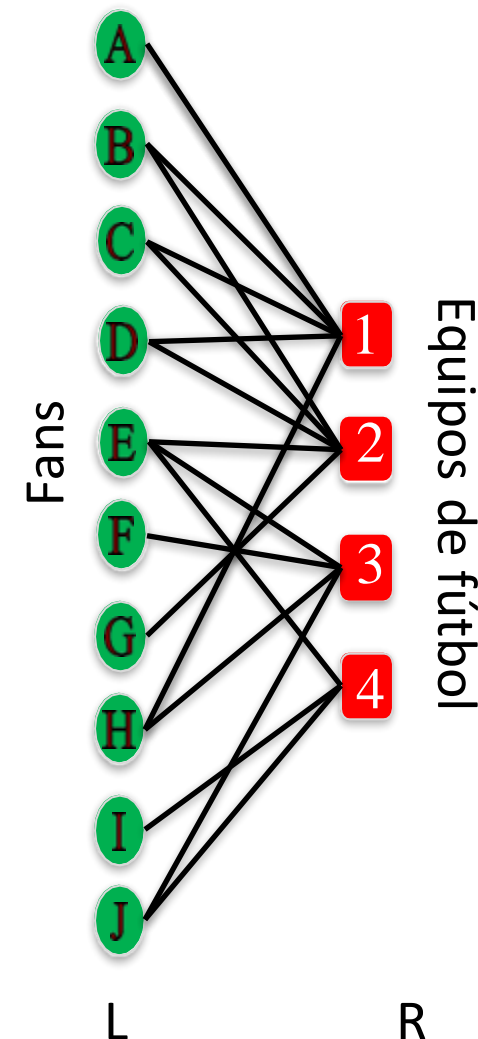


CIPFP Mislata
Centre Integrat Públic
Formació Professional Superior

Proyección-L de grafo

bipartito: Red de nodos en el grupo **L**, donde un par de nodos están conectados si tienen un vecino común en **R** en el grafo bipartito.

Se cumpliría la misma regla para la Proyección-R de un gráfico bipartito

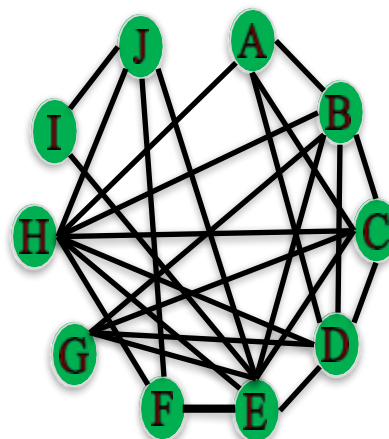


4. Grafos bipartitos proyectados

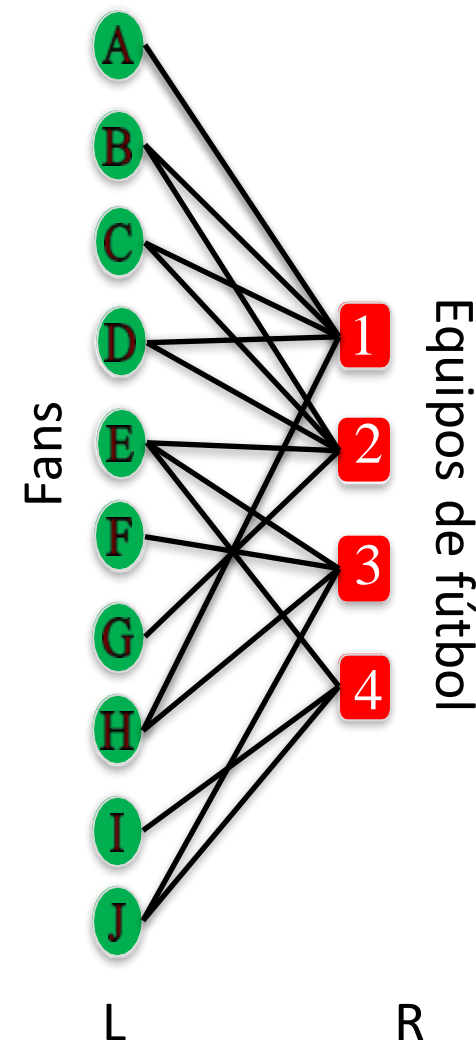
Proyección-L de grafo

bipartito: Red de nodos en el grupo **L**, donde un par de nodos están conectados si tienen un vecino común en **R** en el grafo bipartito.

Se cumpliría la misma regla para la Proyección-R de un gráfico bipartito



Red de aficionados que tienen un equipo en común

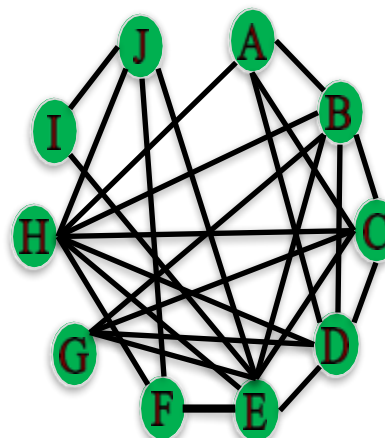
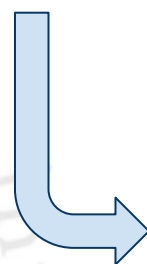
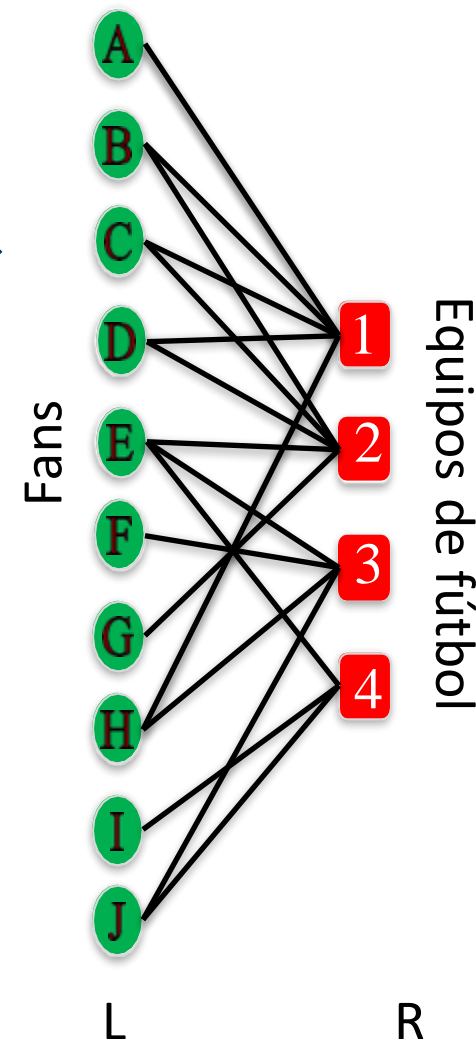


4. Grafos bipartitos proyectados



```
G = nx.Graph()
G.add_edges_from([('A',1), ('B',1), ('C',1),('D',1),('H',1),
('B', 2), ('C', 2), ('D',2),('E', 2), ('G', 2), ('E', 3), ('F', 3), ('H', 3),
('J', 3), ('E', 4), ('I', 4), ('J', 4) ])
```

```
fans = set(['A','B','C','D', 'E', 'F','G', 'H', 'I','J'])
red_fans = bipartite.projected_graph(G, fans)
```



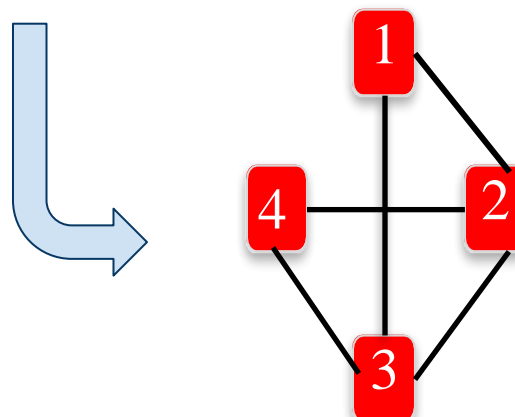
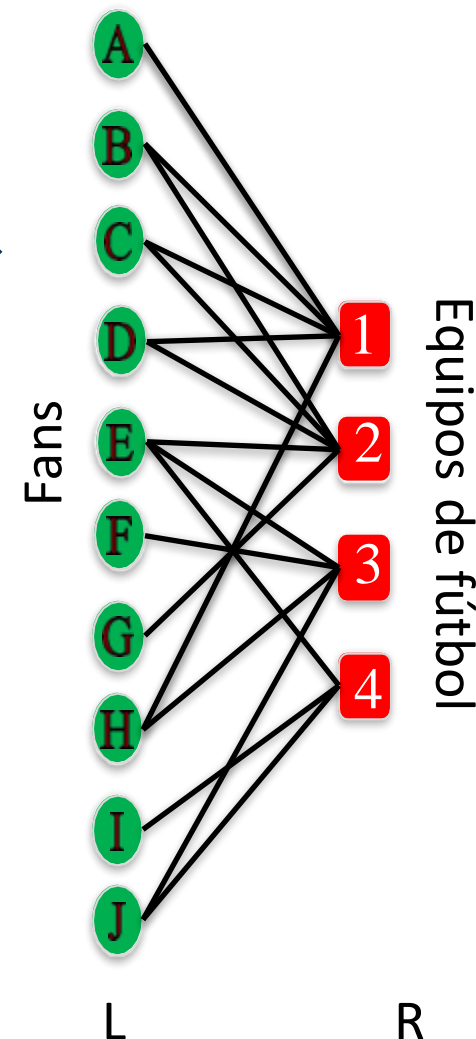
Red de aficionados que
tienen un equipo en común

4. Grafos bipartitos proyectados



```
G = nx.Graph()
G.add_edges_from([('A',1), ('B',1), ('C',1),('D',1),('H',1),
('B', 2), ('C', 2), ('D',2),('E', 2), ('G', 2), ('E', 3), ('F', 3), ('H', 3),
('J', 3), ('E', 4), ('I', 4), ('J', 4) ])
```

```
equipos = set([1, 2, 3, 4])
red_equipos = bipartite.projected_graph(G, equipos)
```



Red de equipos que
comparten (al menos 1) fans

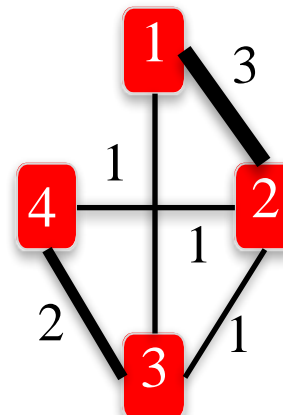
4. Grafos bipartitos proyectados



```
G = nx.Graph()
G.add_edges_from([('A',1), ('B',1), ('C',1),('D',1),('H',1),
('B', 2), ('C', 2), ('D',2),('E', 2), ('G', 2), ('E', 3), ('F', 3), ('H', 3),
('J', 3), ('E', 4), ('I', 4), ('J', 4) ])
```

```
equipos = set([1, 2, 3, 4])
red_equipos = bipartite.weighted_projected_graph(G,
equipos)
```

¡Haría falta añadir pesos a los enlaces para indicar el número de fans!



Red de equipos que comparten (al menos 1) fans

