

Vista general de la red, coloreada por comunidades (*Gephi*)

1. Introducción	3
- Red seleccionada: Marvel Social Network (Fuente: https://syntagmatic.github.io/marvel/)	3
- Proceso seguido	3
2. Análisis general de la red	4
2.1 Componentes conexas	4
2.2 Métricas	4
- Grado medio:	4
- Centralidad:	6
- PageRank:	7
- HITS:	8
- Coeficiente de clustering medio:	8
2.3 Resumen	9
3. Análisis de las comunidades	10
Vengadores	13
Spider-Verse	15
Dr. Strange y Hulk	16
Los cuatro Fantásticos	17
Thor	18
Mutant-X	19
Networkx	20
4. Cytoscape	21

1. Introducción

- Red seleccionada: Marvel Social Network (Fuente: <https://syntagmatic.github.io/marvel/>)

Se trata de una red de personajes de los cómics de la editorial Marvel. La red se puede representar con un grafo **no dirigido** y **con pesos** en las aristas.

- Nodos: 6421.

- Cada nodo representa un personaje.

- Aristas: 167112.

- La unión de dos nodos mediante una arista representa una aparición de ambos personajes en un mismo cómic.

- Peso de las aristas: Número de cómics en los que coinciden ambos personajes.

Los datos de la red se han obtenido de un fichero .csv que representa la lista de adyacencia del grafo. Este fichero se ha utilizado para representar y analizar la red en las herramientas de Gephi, Networkx (Python) y Cytoscape.

- Proceso seguido

Para el análisis de esta red nos hemos centrado sobretodo en las herramientas que nos ofrecen Gephi y Networkx.

Primero se cargaron los datos del fichero .csv en Gephi como una lista de adyacencia, encargándose el propio programa de crear las listas de nodos y aristas a raíz de esta así como sumando las aristas repetidas añadiendo el resultado al peso de cada arista.

El mismo proceso se repitió en Networkx, convirtiendo los datos del .csv en un grafo de Networkx.

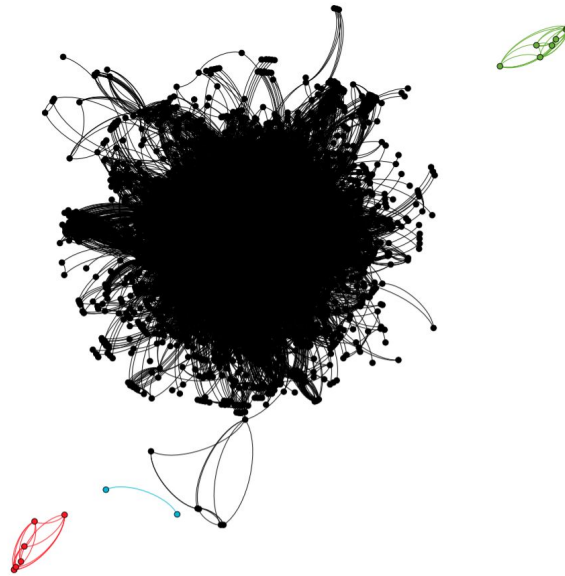
Una vez todo cargado, Gephi se ha usado principalmente para crear distintas visualizaciones de la red, así como para calcular ciertas estadísticas de la red.

Networkx se ha usado principalmente para cálculos de estadísticas de la red, dejando la visualización a Gephi debido a su mayor versatilidad.

El objetivo principal es ver ciertas estadísticas de la red (grados, centralidad, etc) y después ver cómo se relacionan los nodos entre sí, agrupándolos en distintas comunidades.

2. Análisis general de la red

2.1 Componentes conexas



```
i = 0
for c in nx.connected_components(G):
    print("Componente conexas {}: {} nodos".format(i, len(c)))
    print(list(c)[0:10])
    i += 1
```

Componente conexas 0: 6408 nodos
['MORGAN', 'DOMINEX', 'GAROTTE', 'KYSA', 'HALDEMAN, CALVIN', 'GERHARDT, JOSEPH HEI', 'GILBERT, PROFESSOR G', 'RANDOM I
I/MARSHALL E', 'YEE, WAI CHEE', 'BLOK']
Componente conexas 1: 9 nodos
['FAGIN', 'ORWELL', 'OSWALD', 'ASHER, MICHAEL', 'LUDLUM, ROSS', 'ASHER, CARL', 'ASHER, DONNA', 'HOFFMAN', 'NILES, SEN.
CATHERIN']
Componente conexas 2: 7 nodos
['SWORDSMAN IV/', 'DARLEGUNG, GEN.', 'PANTHER CUB/', 'MANT/ERNEST', 'AMAZO-MAXI-WOMAN/', 'STERLING', 'MISS THING/MARY']
Componente conexas 3: 2 nodos
['MASTER OF VENGEANCE', 'STEEL SPIDER/OLLIE O']

Visualización de las componentes conexas con Gephi (arriba) / Componentes conexas vistas con Networkx (abajo)

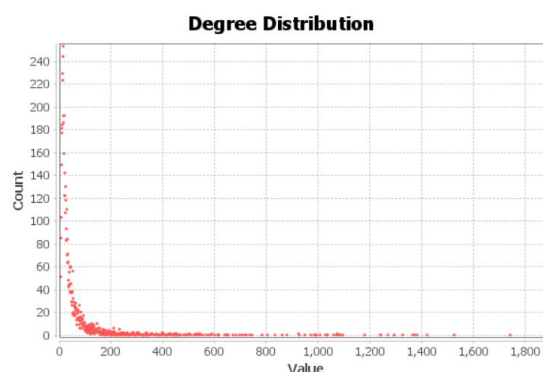
Antes de comenzar el análisis de la red, podemos ver que existen cuatro componentes conexas. Una de ellas de 6408 nodos que supone prácticamente la totalidad de la red, mientras que de las otras tres ninguna supera los 9 nodos.

Estas tres componentes conexas pequeñas, son redes de personajes poco relevantes que forman parte de cómics independientes al resto del universo de marvel.

Por este motivo centraremos el estudio de la red únicamente en la componente conexas más grande de todas.

2.2 Métricas

- **Grado medio:** 52,18 (Gephi) / 52,17 (Networkx)



Gráfica de la distribución del grado (Gephi)

En esta gráfica de distribución de los grados de la red podemos apreciar, como cabía esperar, que la mayoría de nodos se concentran en los grados más bajos y a medida que aumenta el grado los nodos son más escasos.

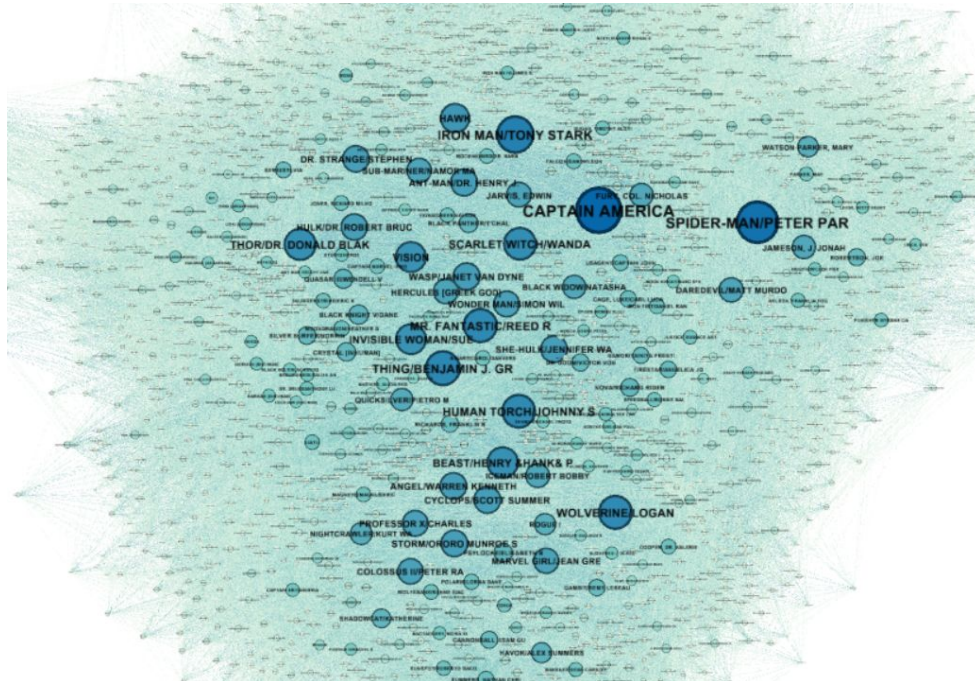
Con esto podemos ver como la mayoría de personajes de la red se relacionan solo con un grupo limitado de personajes y solo un pequeño grupo se relaciona con gran cantidad de nodos.

```
sorted(G.degree, key=lambda x: x[1], reverse=True)[0:10]

[('CAPTAIN AMERICA', 1908),
 ('SPIDER-MAN/PETER PAR', 1737),
 ('IRON MAN/TONY STARK ', 1522),
 ('THING/BENJAMIN J. GR', 1416),
 ('MR. FANTASTIC/REED R', 1379),
 ('WOLVERINE/LOGAN ', 1371),
 ('HUMAN TORCH/JOHNNY S', 1361),
 ('SCARLET WITCH/WANDA ', 1325),
 ('THOR/DR. DONALD BLAK', 1289),
 ('BEAST/HENRY & HANK & P', 1267)]
```

Lista de los 10 nodos con mayor grado de la red ordenados de mayor a menor (Networkx)

En la imagen anterior podemos ver algunos de los nodos con más grado de la red. El personaje que más se relaciona con el resto de nodos es *Capitán América*, uno de los principales personajes del universo de Marvel y por tanto con muchas apariciones en los cómics junto a otros personajes. También podemos ver en la lista a personajes bastante famosos como *Spiderman*, *Iron Man*, *Wolverine (Lobezno)*, etc.



Red con tamaño y color de los nodos en función de su grado (Gephi)

- Centralidad:

```
sorted(deg centrality.items(), key=operator.itemgetter(1), reverse=True)[0:10]
```

```
[('CAPTAIN AMERICA', 0.29779928203527395),  
( 'SPIDER-MAN/PETER PAR', 0.27110972373965975),  
( 'IRON MAN/TONY STARK ', 0.237552676759794),  
( 'THING/BENJAMIN J. GR', 0.22100827220227878),  
( 'MR. FANTASTIC/REED R', 0.2152333385359763),  
( 'WOLVERINE/LOGAN ', 0.21398470422974872),  
( 'HUMAN TORCH/JOHNNY S', 0.21242391134696428),  
( 'SCARLET WITCH/WANDA ', 0.20680505696894025),  
( 'THOR/DR. DONALD BLAK', 0.2011862025909162),  
( 'BEAST/HENRY &HANK& P', 0.1977524582487904)]
```

Diez nodos con más valor de centralidad de grado (Networkx)

```
sorted( closeness_ centrality.items(), key=operator.itemgetter(1), reverse=True)[0:10]
```

```
[('CAPTAIN AMERICA', 0.5853279736890188),  
( 'SPIDER-MAN/PETER PAR', 0.5757031179800521),  
( 'IRON MAN/TONY STARK ', 0.5630052724077329),  
( 'THING/BENJAMIN J. GR', 0.5593190746398953),  
( 'MR. FANTASTIC/REED R', 0.557615317667537),  
( 'WOLVERINE/LOGAN ', 0.5564530137224248),  
( 'HUMAN TORCH/JOHNNY S', 0.5564046895353886),  
( 'SCARLET WITCH/WANDA ', 0.5538554633471646),  
( 'THOR/DR. DONALD BLAK', 0.5524228315226763),  
( 'BEAST/HENRY &HANK& P', 0.5506660936828535)]
```

Diez nodos con más valor de centralidad de cercanía (Networkx)

En las imágenes anteriores vemos los nodos de la red con mayor valor de centralidad.

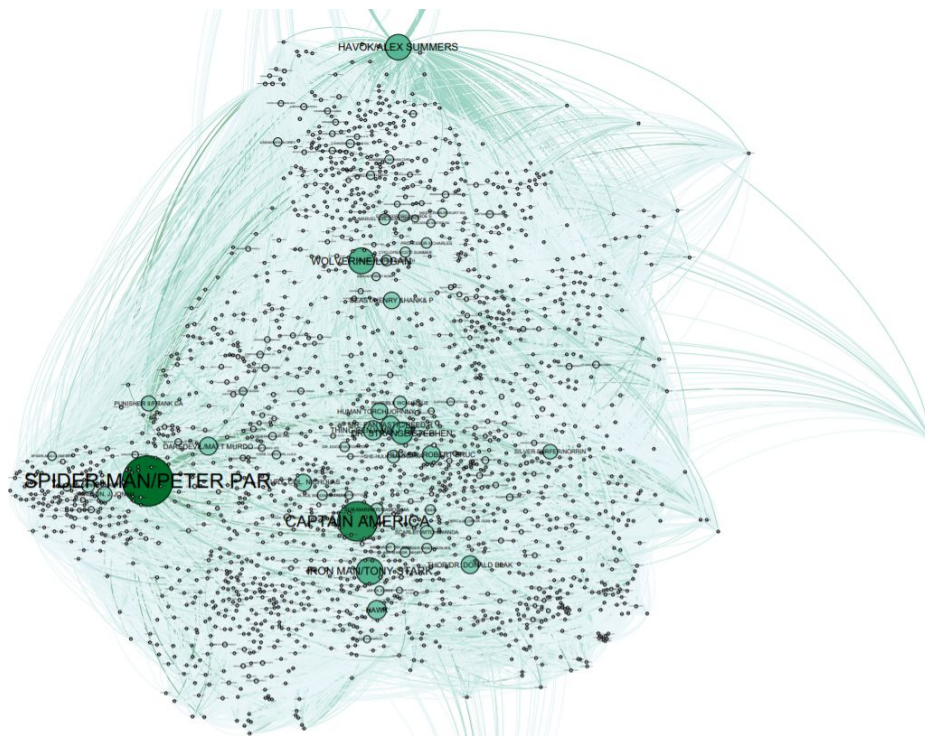
Vemos que por lo general los nodos y el orden de estos coincide con la lista del grado de los nodos en el apartado anterior. Es de esperar que teniendo estos nodos tantas conexiones con el resto de nodos, también sean los que se encuentran en posiciones más centrales de la red.

```
sorted(bet_ centrality.items(), key=operator.itemgetter(1), reverse=True)[0:10]
```

```
[('SPIDER-MAN/PETER PAR', 0.07645326598534675),  
( 'CAPTAIN AMERICA', 0.05741252997705223),  
( 'WOLVERINE/LOGAN ', 0.03703752972464319),  
( 'IRON MAN/TONY STARK ', 0.03694803929546323),  
( 'HAVOK/ALEX SUMMERS ', 0.03469780445639889),  
( 'DR. STRANGE/STEPHEN ', 0.02841963311346313),  
( 'THING/BENJAMIN J. GR', 0.02588478479420399),  
( 'HULK/DR. ROBERT BRUC', 0.024974578189978152),  
( 'HAWK', 0.024163861664079692),  
( 'FURY, COL. NICHOLAS ', 0.023762015313158264)]
```

Diez nodos con más valor de centralidad de intermediación (Networkx)

A diferencia de en el resto, en la centralidad de intermediación Spiderman supera a Capitán América. La centralidad de intermediación tiene en cuenta el número mínimo de caminos que recorren un nodo, así que este resultado puede deberse a que Capitán América (al ser el personaje más importante de Marvel) se relaciona mucho más con personajes de todas las partes de la red, mientras que Spiderman, aunque también se relaciona con personajes de toda la red, tiene un universo de cómics muy centrado en él por lo que muchos de los personajes cercanos a Spiderman se relación mucho más con él que con cualquier otro personaje de la red.



Red con tamaño y color de los grados en función de la centralidad de intermediación (Gephi)

Id	Eigenvector Centrality
CAPTAIN AMERICA	1.0
IRON MAN/TONY STARK	0.871841
SPIDER-MAN/PETER PAR	0.871108
THING/BENJAMIN J. GR	0.85414
SCARLET WITCH/WANDA	0.84581
MR. FANTASTIC/REED R	0.844265
HUMAN TORCH/JOHNNY S	0.834495
WOLVERINE/LOGAN	0.830228
VISION	0.824105
BEAST/HENRY & HANK & P	0.803865

Diez nodos con más valor de centralidad de vector propio (Gephi)

En la centralidad de vector propio volvemos a ver a los principales nodos de la red y vemos claramente reflejada la influencia de Capitán América que llega a alcanzar una puntuación de 1, indicando así que muchas de las colaboraciones de Capitán América son con otros personajes importantes de la red.

- PageRank:

```
sorted(page_rank.items(), key=operator.itemgetter(1), reverse=True)[0:10]

[('SPIDER-MAN/PETER PAR', 0.005337678598647991),
 ('CAPTAIN AMERICA', 0.0051333479219207575),
 ('IRON MAN/TONY STARK ', 0.004120663913809509),
 ('WOLVERINE/LOGAN ', 0.0038812729533107154),
 ('THING/BENJAMIN J. GR', 0.003684184759074761),
 ('MR. FANTASTIC/REED R', 0.0035808290678253883),
 ('HUMAN TORCH/JOHNNY S', 0.003509416240482185),
 ('SCARLET WITCH/WANDA ', 0.0032219806909663),
 ('THOR/DR. DONALD BLAK', 0.0032087710150808827),
 ('BEAST/HENRY & HANK & P', 0.003193792821590283)]
```

Diez nodos con más valor de Pagerank (Networkx)

Id	PageRank
SPIDER-MAN/PETER PAR	0.005315
CAPTAIN AMERICA	0.005132
IRON MAN/TONY STARK	0.004129
WOLVERINE/LOGAN	0.003873
THING/BENJAMIN J. GR	0.003692
MR. FANTASTIC/REED R	0.003583
HUMAN TORCH/JOHNNY S	0.003518
SCARLET WITCH/WANDA	0.003232
THOR/DR. DONALD BLAK	0.003226
BEAST/HENRY & HANK & P	0.003203

Diez nodos con más valor de Pagerank (Gephi)

- HITS:

```
### Hubs
sorted(hits[0].items(), key=operator.itemgetter(1), reverse=True)[0:10]
```

```
[('CAPTAIN AMERICA', 0.0030054163848279303),
 ('IRON MAN/TONY STARK ', 0.0026390690857082187),
 ('SCARLET WITCH/WANDA ', 0.0025948192286473913),
 ('THING/BENJAMIN J. GR', 0.0025938154537994296),
 ('SPIDER-MAN/PETER PAR', 0.0025796011236551334),
 ('MR. FANTASTIC/REED R', 0.0025671106476853217),
 ('VISION ', 0.002535950765702988),
 ('HUMAN TORCH/JOHNNY S', 0.002535517095030959),
 ('WOLVERINE/LOGAN ', 0.002531563018173292),
 ('BEAST/HENRY & HANK & P', 0.0024578178974910573)]
```

Diez nodos con más valor de Hub (Networkx)

```
### Authorities
sorted(hits[1].items(), key=operator.itemgetter(1), reverse=True)[0:10]
```

```
[('CAPTAIN AMERICA', 0.003005416384843047),
 ('IRON MAN/TONY STARK ', 0.0026390690857206805),
 ('SCARLET WITCH/WANDA ', 0.0025948192286594793),
 ('THING/BENJAMIN J. GR', 0.0025938154538114144),
 ('SPIDER-MAN/PETER PAR', 0.0025796011236655786),
 ('MR. FANTASTIC/REED R', 0.0025671106476968407),
 ('VISION ', 0.0025359507657148014),
 ('HUMAN TORCH/JOHNNY S', 0.002535517095042425),
 ('WOLVERINE/LOGAN ', 0.0025315630181826226),
 ('BEAST/HENRY & HANK & P', 0.0024578178975004183)]
```

Diez nodos con más valor de Authority (Networkx)

Id	Hub	Authority
CAPTAIN AMERICA	0.11621	0.11621
IRON MAN/TONY STARK	0.102551	0.102551
THING/BENJAMIN J. GR	0.100919	0.100919
SCARLET WITCH/WANDA	0.100732	0.100732
SPIDER-MAN/PETER PAR	0.100301	0.100301
MR. FANTASTIC/REED R	0.099691	0.099691
HUMAN TORCH/JOHNNY S	0.098654	0.098654
VISION	0.098445	0.098445
WOLVERINE/LOGAN	0.098276	0.098276
BEAST/HENRY & HANK & P	0.095466	0.095466

Diez nodos con más valor de Hub y Authority (Gephi)

- Coeficiente de clustering medio: 0,78 (Gephi) / 0,77 (Networkx)

Podemos ver que nuestra red tiene un coeficiente alto.

Normalmente, en un solo cómic aparecen varios personajes, por tanto, si dos personajes aparecen en un mismo cómic con un tercer personaje, estarán relacionados en la red con ese tercer personaje pero también entre ellos mismos. Además, muchas historias de Marvel se organizan por sagas con varios cómics, lo que significa que los personajes de estas tienen bastante probabilidad de relacionarse entre todos a lo largo de toda la saga.

Aún así, sigue habiendo muchos personajes pertenecientes a universos y sagas muy distintas que no llegan a relacionarse nunca, y que si se relacionan con alguno de otro universo es algo puntual. Es por esto que el coeficiente de clustering medio tampoco tiene un valor muy próximo a 1.

2.3 Resumen

Como hemos visto contamos con una red con gran cantidad de nodos, pero sobretodo gran cantidad de aristas. Los cómics de Marvel acostumbran a tener apariciones de varios personajes en un mismo tomo.

Hay bastantes nodos con grados altos y podemos distinguir a un grupo de personajes que lidera las historias de la editorial. Capitán América, Spiderman, Iron Man, Wolverine, Mr. Fantástico o Scarlet Witch son algunos de estos principales personajes. En general son los personajes más clásicos de Marvel, apareciendo en cómics desde los inicios de la compañía, y son los protagonistas de sus propias sagas. Debido a esto han aparecido junto a muchos más personajes tanto principales como secundarios.

Por otro lado, tenemos muchos nodos con pocas conexiones. Estos personajes suelen formar parte de pequeñas sagas menos populares, dentro de universos propios con poca relación con las historias principales de Marvel.

3. Análisis de las comunidades

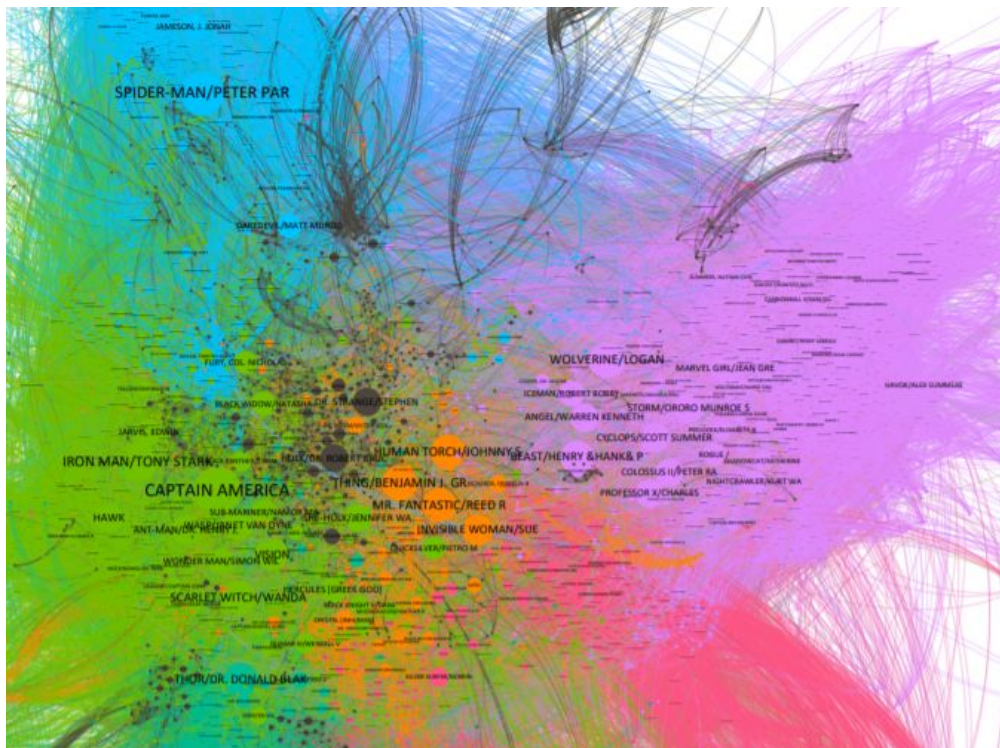
Vamos a dividir la red en distintas comunidades y estudiaremos algunas características de las principales.

Utilizaremos Gephi para calcular las particiones de la red que maximicen la modularidad, coloreando cada nodo en función de la partición que le sea asignada.

Para visualizar la red usamos el algoritmo Force Atlas 2 de Gephi, que tiene en cuenta los pesos de las aristas lo que permite que las comunidades se separen bastante bien.



Red con color de los grados en función de la partición asignada [ordenada con el algoritmo Force Atlas 2] (Gephi)

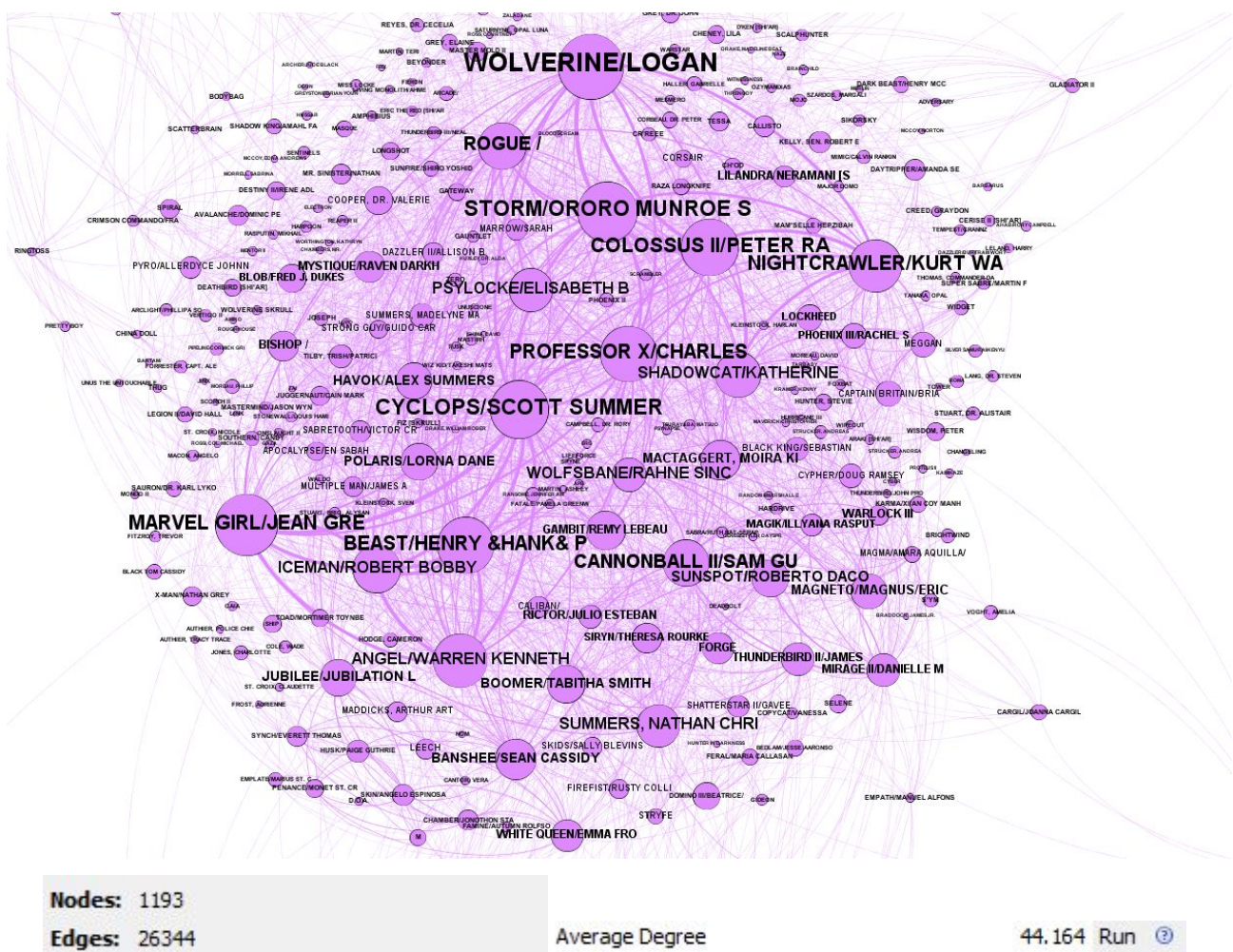


Red con color de los grados en función de la partición asignada y etiquetada(Gephi)

En la red podemos encontrar en torno a 20 comunidades. Entre ellas las principales son las protagonizadas por los X-Men (morada), Vengadores (verde claro), Spiderman (azul), los Cuatro Fantásticos (Naranja) y Thor (Verde oscuro). Además hemos considerado especialmente interesante también una comunidad pequeña formada por personajes de la dimensión Mutant-x (gris).

Al usar un algoritmo que tiene en cuenta el peso de las aristas también podemos ver cómo se relacionan las comunidades entre sí. La comunidad verde de Los Vengadores, la morada de los X-Men y sobretudo la naranja de Los Cuatro Fantásticos están muy centradas ya que contienen a los personajes más principales de todo Marvel y por tanto son comunidades que se relacionan mucho con el resto.

X-men



Visualización y grado medio de la comunidad de los X-Men (Gephi)

Esta es la comunidad más grande de la red, estando centrada en personajes pertenecientes a los X-men. Podemos ver fácilmente los personajes que más destacan como Wolverine, Cyclops o Beast, personajes muy famosos dentro de este universo.

Es una comunidad, siguiendo el esquema de la propia red con unos pocos nodos con un grado muy alto, y una mayoría con pocas relaciones, como se puede ver en la siguiente imagen solo 314 nodos tienen un grado mayor al medio.

Nodes: 314 (26.32% visible)
Edges: 13276 (50.39% visible)

Nodos de la comunidad con más grado que el grado medio de la red (Gephi)

Además en esta comunidad, y en las siguientes que veremos que también siguen el mismo patrón, podemos encontrar un coeficiente de clustering muy alto. Esto se debe a que los nodos pequeños de la red están muy relacionados con sus vecinos, esto es entendible ya que en los cómics las apariciones conjuntas de superhéroes relacionados es algo habitual, y por tanto es probable que si dos superhéroes con pocos enlaces están conectados a un mismo tercer superhéroe, ambos superhéroes también salgan en algún comic juntos.

Avg. Clustering Coefficient 0.814 Run ?

	Degree	Clustering Coefficient
<i>Ej: Impulse</i>	47	0.9343434343434344

	Degree	Clustering Coefficient
<i>Ej: Wolverine</i>	603	0.29602174450210034

Coef. de clustering de la comunidad y de dos nodos (Gephi)

Sin embargo, como también podemos observar los superhéroes con más enlaces tienen un coeficiente mucho menor, debido a la dificultad que supone que tantos nodos tengan conexiones entre sí.

Por último nos ha parecido interesante calcular la densidad de cada comunidad para comparar aquellas que tienen un número de nodos similar.

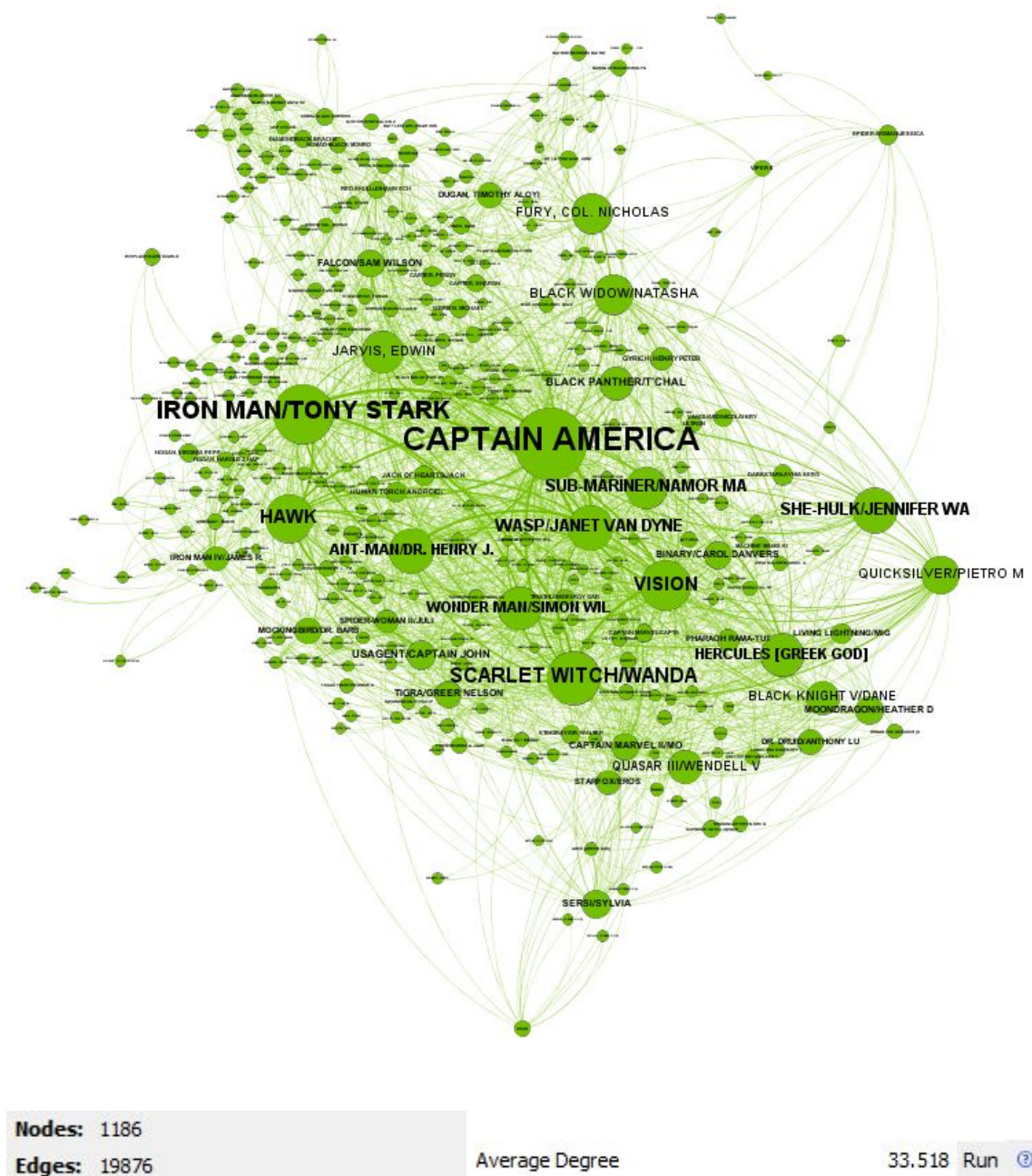
En este caso podemos ver que la densidad es considerablemente mayor que la de otras comunidades similares. Esto se debe a que los x-men es una comunidad más cerrada, con menos relaciones fuera de la comunidad y fuertemente relacionada entre sí.

Graph Density 0.037 Run ?

Sin embargo, como era de esperar sí que sigue el ejemplo de otras comunidades si calculamos solo la densidad de sus nodos de mayor grado. Ahí podemos ver que la densidad aumenta enormemente al estar los personajes más importantes de cada comunidad mucho más estrechamente comunicados que los más pequeños.

Graph Density 0.27 Run ?

Vengadores



Visualización y grado medio de la comunidad de los Vengadores (Gephi)

Esta segunda comunidad estudiada coincide con los personajes pertenecientes a Los Vengadores; Contiene a varios de los personajes más famosos de la editorial como son Capitán América, Iron Man, Scarlet Witch o Ant-Man.

A pesar de contar con personajes muy influyentes dentro de la comunidad podemos ver una gran disminución del grado medio si se compara con la primera comunidad estudiada. Esto se debe a la presencia de una gran cantidad de personajes secundarios con muy pocas apariciones.

Esto también se puede comprobar gracias a la densidad, que también sufre una disminución al haber muchos personajes sueltos y con pocos enlaces.

La diferencia de grado entre los nodos sigue el mismo patrón que la anterior, incluso con poca diferencia entre el porcentaje que supera el grado medio

Nodes: 304 (25.63% visible)
Edges: 9256 (46.57% visible)

Nodos de la comunidad con más grado que el grado de medio de la red (Gephi)

En esta comunidad el coeficiente de clustering es algo menor, y se debe principalmente a sus nodos más importantes. Esta es una comunidad dentro de marvel muy conocida por sus principales superhéroes, que comparten comics con casi toda la red. Esto hace que su clustering sea muchísimo menor, debido a la imposibilidad de conectar a todos sus vecinos.

Avg. Clustering Coefficient 0.799 Run ?

Ej: Capitan america

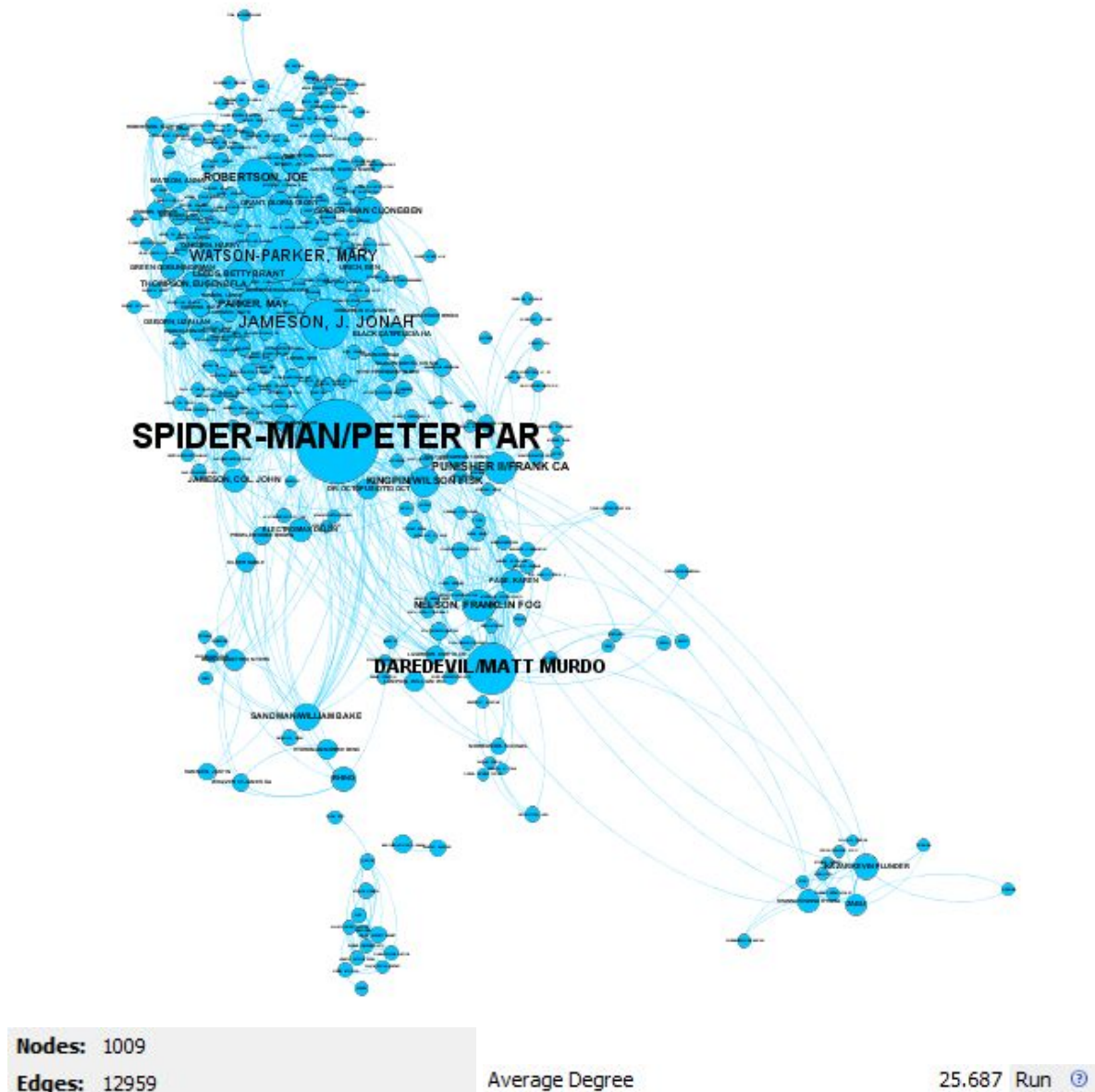
Degree	753
Weighted Degree	9434.0
Clustering Coefficient	0.05305691701844349

Ej: Iron man

Degree	703
Weighted Degree	7529.0
Clustering Coefficient	0.05747853116274169

Coef. de clustering de la comunidad y de dos de los principales nodos (Gephi)

Spider-Verse



Visualización y grado medio de la comunidad de Spiderman (Gephi)

Centrada en el universo de Spiderman esta es la tercera gran comunidad de la red. A diferencia de las otras tiene un único personaje que destaca en gran medida por encima del resto. Teniendo casi 200 conexiones más que el siguiente nodo más grande.

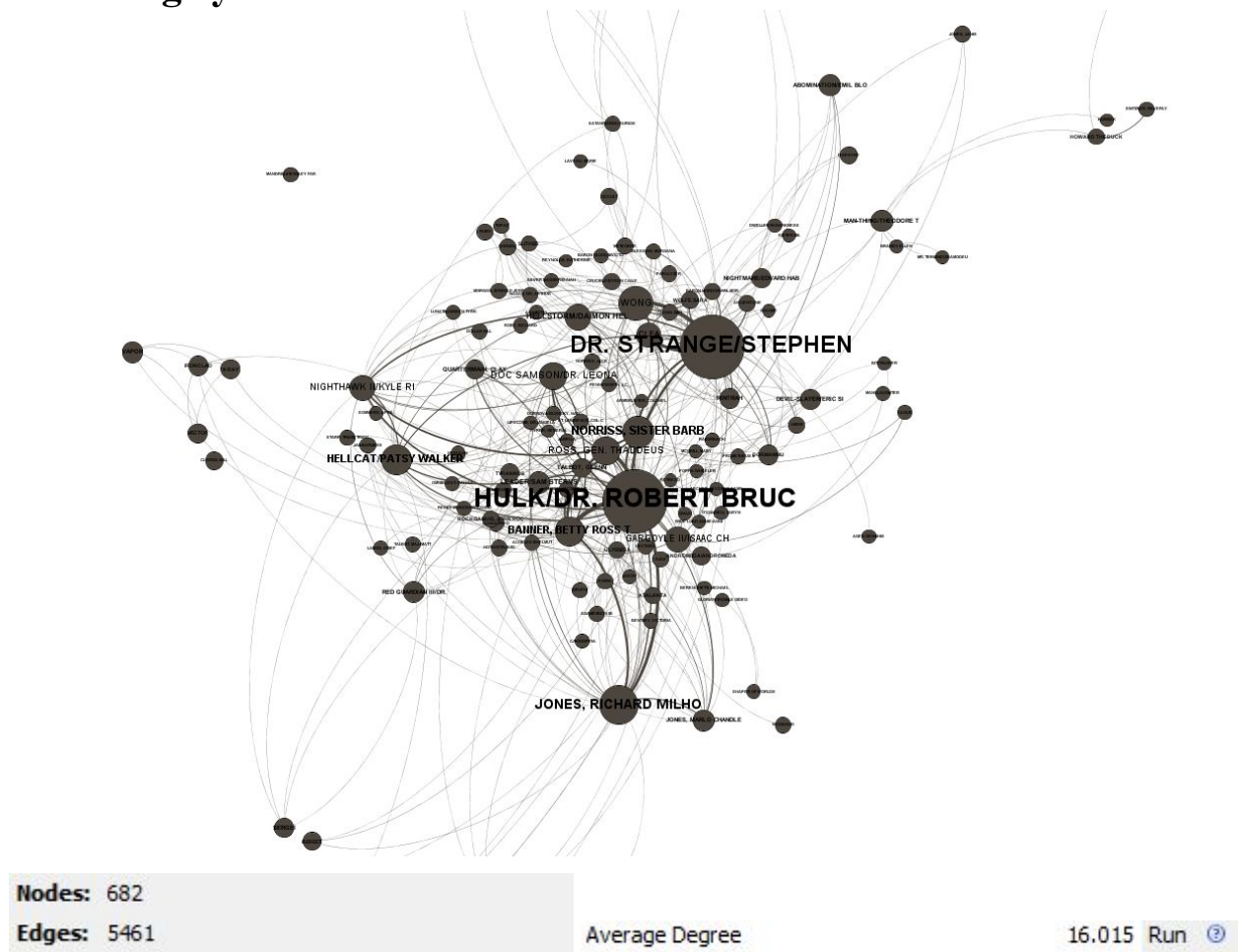
Esto como ya esperábamos nos indica que toda la comunidad gira entorno a spiderman compartiendo apariciones. Esto provoca que el grado medio de la comunidad sea significativamente menor que en las anteriores.

En cuanto al resto de datos, esta comunidad sigue el camino de las dos anteriores, algo que tampoco nos descuadra debido a la similitud que tienen los superhéroes de marvel en cuanto a apariciones conjuntas.

Vemos medidas similares a las comunidades anteriores:

Nodes: 259 (25.67% visible)	Avg. Clustering Coefficient	0.824 Run ?
Edges: 6540 (50.47% visible)	Graph Density	0.025 Run ?

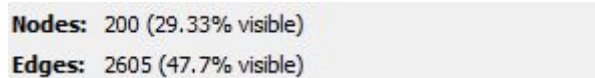
Dr. Strange y Hulk



Visualización y grado medio de la comunidad de Hulk y Dr.Strange (Gephi)

Esta es la primera de las comunidades medianas que analizaremos. Con un mucho menor número de nodos y un grado medio muy bajo esta comunidad destaca por la tupla de sus personajes principales. El resto de personajes sin embargo son poco importantes y tienen pocas conexiones dentro de la comunidad.

Esto nos permite ver la gran relación que existe entre Doctor Strange y Hulk, y el universo que comparten. Esta ha sido una de las grandes sorpresas que nos hemos llevado al analizar la red ya que no conocíamos esta fuerte relación y suponíamos que estos personajes pertenecerían a la comunidad de Los Vengadores.



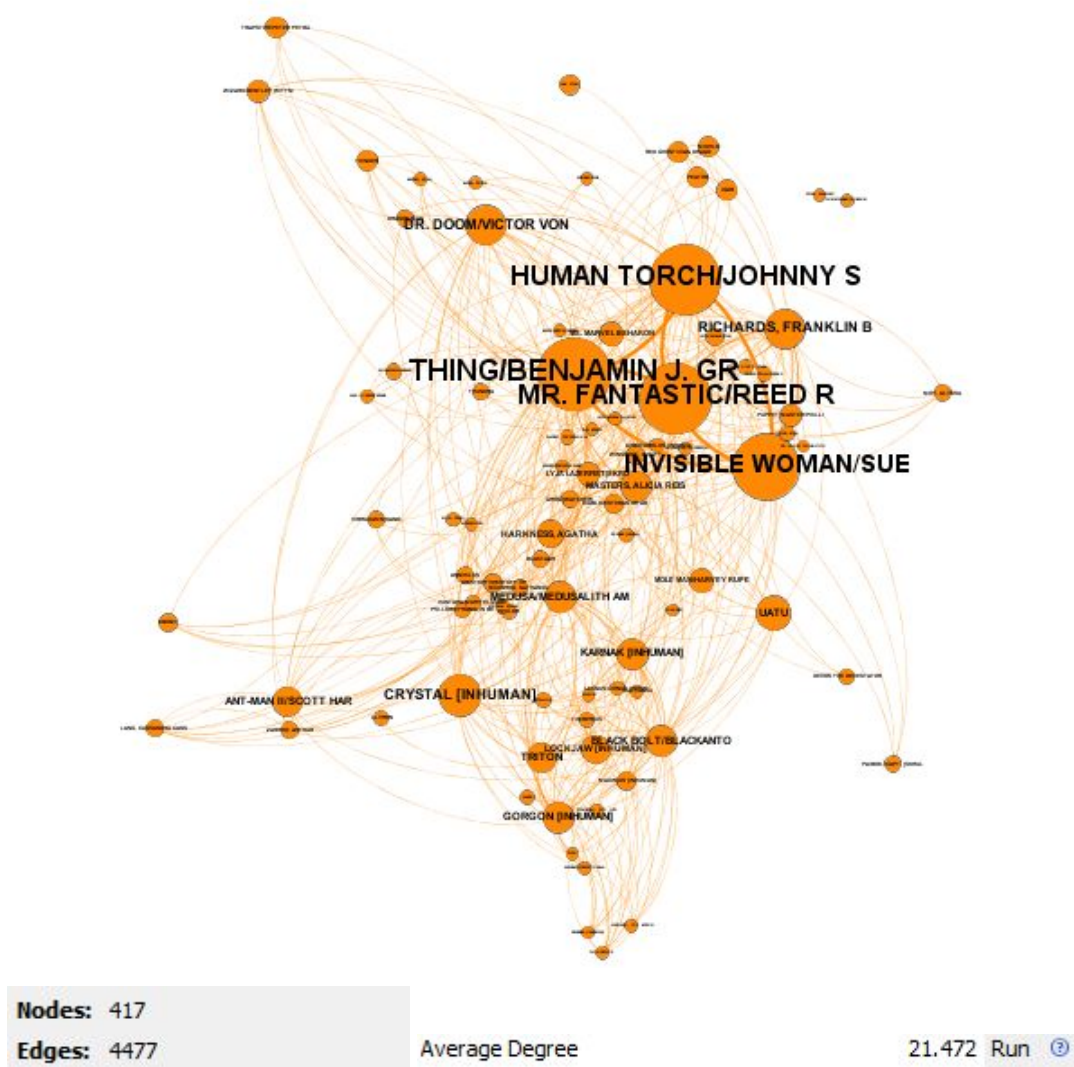
Nodos de la comunidad con más grado que el grado de medio de la red (Gephi)

Otro de los cambios en esta comunidad es el aumento de nodos por encima del grado medio, algo normal al ser este tan bajo.

En cuanto al clustering y la densidad esta comunidad imita a las más grandes.



Los cuatro Fantásticos



Visualización y grado medio de la comunidad de los Cuatro Fantásticos (Gephi)

Una comunidad muy centrada en los Cuatro Fantásticos (Mr. Fantastic, Thing, Invisible Woman y Human Torch), pero que no carece de otros personajes importantes como Crystal, o Dr. Doom uno de los principales villanos de estos héroes.

En este caso los nodos vuelven al desequilibrio que marca la red, con solo un 24% por encima del grado medio.

Nodes: 101 (24.22% visible)
Edges: 1808 (40.38% visible)

Nodos de la comunidad con más grado que el grado de medio de la red (Gephi)

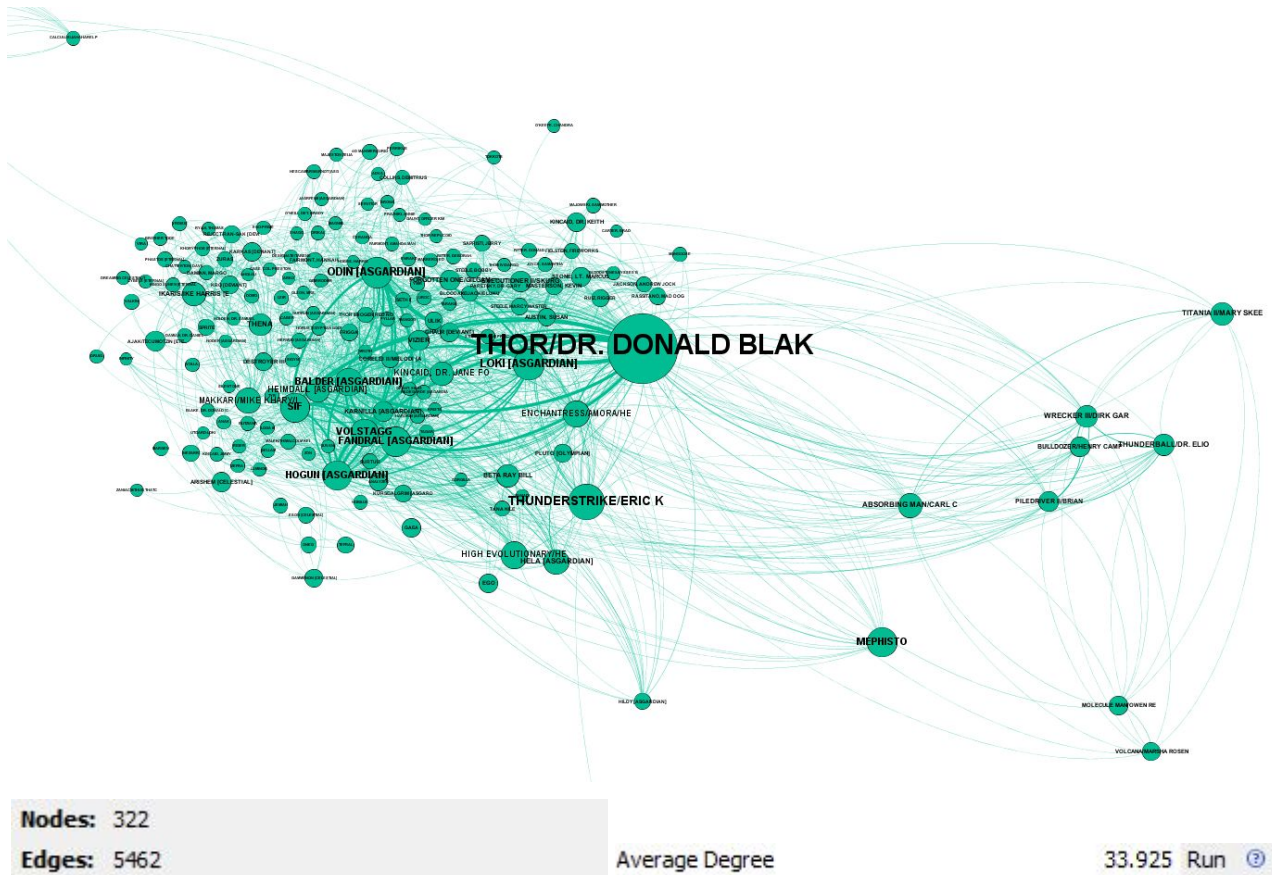
La densidad es muy similar a comunidades anteriores, lo que nos indica la gran relación que tienen todos los nodos dentro de la comunidad.

Graph Density: 0.052 Run ?

El coeficiente de clustering imita al resto de comunidades con un ligero aumento propiciado por un mayor coeficiente en sus nodos más grandes, algo que llama la atención al ser estos nodos centrales en la red.

Avg. Clustering Coefficient: 0.862 Run ?

Thor



Visualización y grado medio de la comunidad de Thor (Gephi)

La última comunidad importante que analizaremos, sorprende por ser mucho más simétrica que las anteriores, teniendo a Thor como personaje central, pero un gran número de nodos secundarios a sus espaldas.

Esto lleva a que sea casi un 40% el porcentaje de nodos que está por encima del grado medio, a pesar de ser este bastante alto al compararlo con comunidades de su tamaño.

Nodes: 123 (38.2% visible)
Edges: 2776 (50.82% visible)

Nodos de la comunidad con más grado que el grado de medio de la red (Gephi)

Este grado medio nos indica lo conectados que están todos sus nodos, esta afirmación está apoyada además por el enorme valor de la densidad en esta comunidad.

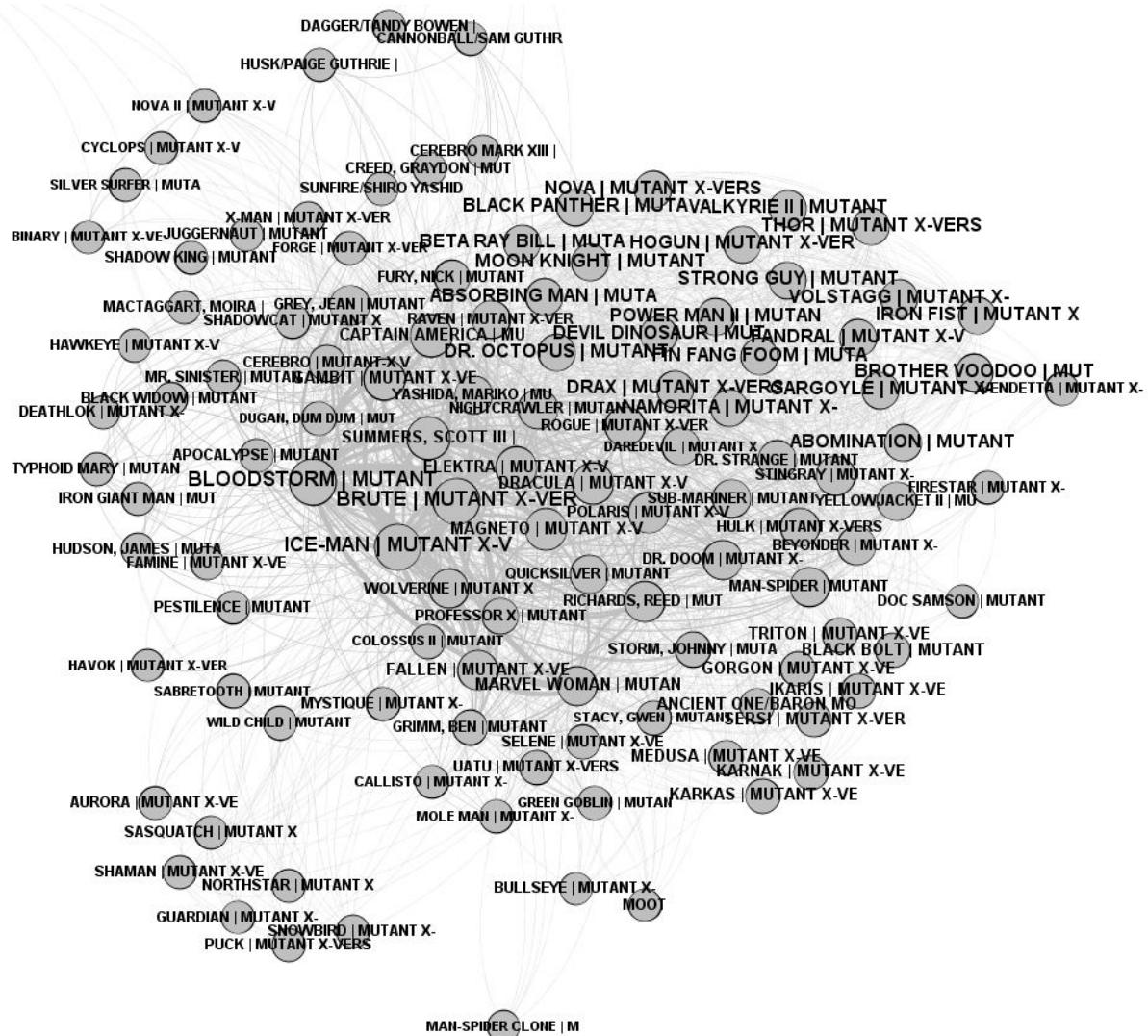
Graph Density: 0.106 Run ?

Estos datos se deben a que la comunidad se centra en Asgard, un mundo separado de la Tierra y por lo tanto no tan conectado al resto de la red.

El clustering sigue siendo similar, aunque con una distribución bastante distinta, donde todos los nodos tienen un coeficiente mucho más parecido que en otras comunidades.

Avg. Clustering Coefficient: 0.792 Run ?

Mutant-X



Nodes: 117	Average Degree	36.581 Run ?
Edges: 2140		

Visualización y grado medio de la comunidad de los Mutantes X(Gephi)

Esta comunidad es bastante poco relevante dentro de la red, pero nos ha llamado la atención lo separada que esta de la misma, sin apenas conexiones fuera de la red exceptuando alguna con los X-Men.

Esto se debe a que los personajes de esta comunidad son variaciones mutantes de otros personajes de Marvel que pertenecen a varias sagas propias independientes del resto de sagas. La única comunidad importante con la que tienen conexiones es la de los X-Men, comunidad formada también por personajes mutantes.

Como cabría esperar en una comunidad poco relacionada con el resto de la red y sin personajes destacables su densidad es enorme y su grado medio también es bastante alto.

Graph Density	0.315 Run ?
----------------------	-------------

Además, el clustering coefficient casi llega al 0.9 y con todos los nodos con un coeficiente muy similar.

Avg. Clustering Coefficient

0.87 Run ?

Por último podemos observar la falta de disparidad entre los nodos con más de un 40% por encima del grado medio.

Nodes: 51 (43.59% visible)
Edges: 1197 (55.93% visible)

Nodos de la comunidad con más grado que el grado de medio de la red (Gephi)

Estos datos se deben a que esta comunidad representa a un conjunto de héroes de una dimensión alternativa. Estos eran mutantes y no llegaron a tener muchas apariciones fuera de su dimensión. Tampoco tenían ningún personaje en torno al que girarán las historias, si no que el punto principal de los cómics eran las relaciones entre los personajes de esta dimensión.

Networkx

También realizamos un análisis de comunidades con la herramienta networkx y el algoritmo de Louvain.

Este nos devuelve un número de comunidades que variaba en torno a 20 y 30, la principal diferencia con el análisis en gephi es que en este caso muchas comunidades compartían nodos, en concreto los de grado más alto.

Esto nos permite intuir que las comunidades de esta red son fuertes en sus nodos pequeños que solo se relacionan con nodos de su comunidad mientras que los nodos más grandes son importantes en toda la red. Esto es entendible al tener Marvel varias figuras principales (nodos grandes) muy importantes en todo su universo y que aparecen en una gran cantidad de tramas en los cómics.

```
sorted(third_community.degree, key=lambda x: x[1], reverse=True)[0:10]
```

```
[('SPIDER-MAN/PETER PAR', 948),  
( 'IRON MAN/TONY STARK ', 636),  
( 'SCARLET WITCH/WANDA ', 571),  
( 'WATSON-PARKER, MARY ', 562),  
( 'JAMESON, J. JONAH', 554),  
( 'VISION ', 542),  
( 'DAREDEVIL/MATT MURDO', 488),  
( 'ANT-MAN/DR. HENRY J.', 487),  
( 'WASP/JANET VAN DYNE ', 465),  
( 'WONDER MAN/SIMON WIL', 464)]
```

```
print(nx.info(third_community))
```

```
Name:  
Type: Graph  
Number of nodes: 1965  
Number of edges: 33545  
Average degree: 34.1425
```

Lista de nodos e información de una de las comunidades calculadas (NetworkX)


```
sorted(fourth_community.degree, key=lambda x: x[1], reverse=True)[0:10]
```

```
[('IRON MAN/TONY STARK ', 533),
 ('SCARLET WITCH/WANDA ', 514),
 ('VISION ', 485),
 ('WONDER MAN/SIMON WIL', 447),
 ('ANT-MAN/DR. HENRY J.', 427),
 ('HAWK', 421),
 ('WASP/JANET VAN DYNE ', 385),
 ('HERCULES [GREEK GOD]', 375),
 ('SHE-HULK/JENNIFER WA', 345),
 ('BLACK WIDOW/NATASHA ', 327)]
```

```
print(nx.info(fourth_community))
```

```
Name:
Type: Graph
Number of nodes: 1134
Number of edges: 19397
Average degree: 34.2099
```

Lista de nodos e información de una de las comunidades calculadas (NetworkX)

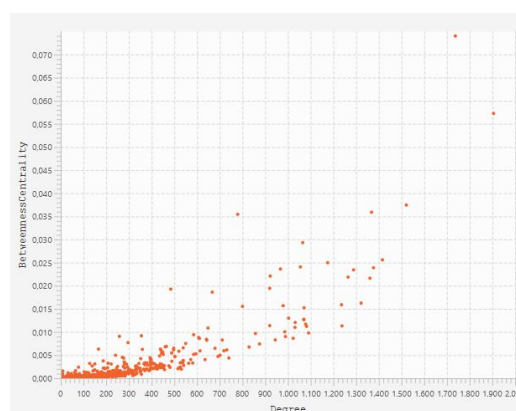
4. Cytoscape

Hemos intentado utilizar Cytoscape para el análisis de esta red pero en comparación con Gephi nos ha parecido una herramienta mucho menos intuitiva y con más errores. Siendo complicada hasta la visualización de la red.

Debido a eso Cytoscape solo se ha utilizado para calcular ciertas métricas que llevaban mucho tiempo con Networkx. Los resultados de las métricas coinciden con los calculados en los apartados anteriores con Gephi y Networkx.

Summary Statistics	
Number of nodes	6403
Number of edges	167056
Avg. number of neighbors	52,177
Network diameter	5
Network radius	3
Characteristic path length	2,638
Clustering coefficient	0,774
Network density	0,008
Network heterogeneity	2,180
Network centralization	0,289
Connected components	1
Analysis time (sec)	36,325

Métricas de la red general (Cytoscape)



Gráfica de la centralidad de intermediación (Cytoscape)