



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE CIENCIAS

LA CENTRALIDAD E INFLUENCIA EN
REDES SOCIALES MUSICALES

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
ACTUARIO

PRESENTA:

PABLO AGUILAR ORTÍZ

DIRECTORA DE TESIS:

DRA. BIBIANA OBREGON QUINTANA

Facultad de Ciencias, 2019

Ciudad de México





Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

Índice general

Lista de figuras	3
Lista de tablas	4
1. Antecedentes	9
2. Marco teórico	11
2.1. Antecedentes históricos	11
2.2. Conceptos básicos de redes	13
2.3. Representación de redes y datos	15
2.4. Díadas y tríadas	17
2.5. Distribución de grado	18
2.6. Disortatividad, homofilia y otros conceptos	19
2.7. Redes ego	20
2.8. Densidad y comunidades	20
2.8.1. Modularidad	21
2.8.2. Coeficiente de agrupamiento	22
2.9. Centralidad	23
3. Redes sociales	26
3.1. Sistema complejo	26
3.2. Antecedentes sociales	27
3.3. Servicios de medios sociales	28
4. Metodología	30
4.1. Modelación de la red	30
4.2. Utilización de software	33
4.3. Obtención de datos	33
5. Análisis, visualización y resultados	34
5.1. Visualización	34
5.2. Análisis y resultados	35
5.2.1. Primera fase	35
5.2.2. Segunda fase	44

Índice de figuras

2.1.	A la izquierda una ilustración de los puentes de Königsberg y a la derecha su representación gráfica	11
2.2.	A la izquierda un ejemplo de red no dirigida, a la derecha una red dirigida.	13
2.3.	Red dirigida	14
2.4.	A la izquierda un componente fuerte, a la derecha un componente débil. . .	14
2.5.	A la izquierda una red no dirigida, a la derecha la matriz de adyacencia correspondiente.	15
2.6.	A la izquierda una red dirigida y con rizos, a la derecha la matriz de adyacencia correspondiente.	16
2.7.	Matriz de adyacencia de la red incluida en la Figura 2.5, con el grado de entrada en horizontal y el de salida en vertical encerrados en corchetes, para cada nodo.	16
2.8.	Arriba a la izquierda la lista de nodos, abajo a la izquierda lista de arcos y a la derecha la red resultate.	17
2.9.	Tipos de diada: Diada 1 simétrica, 3 y 4 antisimétricas y 2 y 5 recíproca. .	18
2.10.	La distribución de grado de la izquierda representaría una red homogénea, su contraparte, una red heterogénea.	19
2.11.	Red Ego	20
2.12.	Ejemplo para el cálculo del coeficiente de clusterig.	23
2.13.	Ejemplo para el cálculo de la centralidad de vector propio.	24
4.1.	Red ego de Brian May, a de morado sus influencias de oído, de naranja sus colaboradores y de amarillo su padre y maestro Harold May	32
5.1.	La red social musical	35
5.2.	Red con relaciones de oído únicamente, componente aislado de George Harrison.	36
5.3.	Visualización de la centralidad de grado de entrada, los colores mostrados en la tabla corresponden a los nodos.	37
5.4.	Visualización de la centralidad de grado de salida.	38
5.5.	Red con vínculos de colaboración, componente aislado de Jimi Hendrix. . .	39
5.6.	Visualización de la centralidad de grado.	40
5.7.	Visualización de la centralidad de cercanía	42
5.8.	Distribución de grado de entrada	44
5.9.	Distribución de grado de salida	44
5.10.	Visualización de modularidad	49
5.11.	Visualización de la centralidad intermedia; a mayor oscuridad en el tono, mayor centralidad	51

Índice de cuadros

4.1.	Lista de músicos considerados como egos.	31
4.2.	Síntesis de tipos de interacciones en la red.	32
5.1.	Lista de los 10 músicos que más artistas escucharon dentro de la red. . . .	37
5.2.	Lista de los 10 músicos que más artistas han escuchado dentro de la red. . .	38
5.3.	Lista de los 10 guitarristas que colaboraron con más músicos en la red. . .	40
5.4.	Lista de los 10 músicos con mayor grado de cercanía.	42
5.5.	Lista de los 10 músicos con mayor coeficiente de clustering local.	45
5.6.	Clasificación de músicos en comunidades con géneros relacionados	48
5.7.	Lista de los 10 músicos con mayor centralidad intermedia.	50
5.8.	Lista de los 10 músicos con mayor centralidad de vector propio.	51
5.9.	Lista de los 10 guitarristas con mayor centralidad de vector propio.	52

Agradecimientos

A veces, con todos los pendientes y dificultades en la vida, uno tiende a ignorar la fortuna que tiene; sin embargo, al sentarse y reflexionar por un momento, es sencillo percatarse de todas las bendiciones con las que cuenta, pero bastante complicado encontrar las palabras necesarias para expresarlo con objetividad. En mi caso particular, luego de reflexionar por más tiempo del que me gustaría admitir, estoy seguro que el vocabulario con el que cuento es, cuando menos, insuficiente para describir el agradecimiento que se desborda de mi alma, no obstante, prefiero intentarlo.

Desde que tengo memoria, he sido una persona criada en un ambiente atiborrado de amor, tanto he tenido que si me preguntan, tengo dos pares de padres: mis padres biológicos, que me han brindado todos los recursos para llegar hasta donde he llegado, y mis abuelos, con quienes viví toda mi infancia; y por si esto fuera poco, no conozco a algún miembro familiar que no me haya impulsado y brindado su amor y apoyo incondicional. No me cabe duda que, a pesar de los obstáculos que se presentaron y se presentarán, siempre tendré un lugar especial en mi corazón para la mejor red social de todas, mi familia. Muchas gracias por todo, y gracias mi Rafa, por inspirarme cada día a ser mejor persona y acompañarme a experimentar una maravillosa hermandad.

También, he tenido la suerte de conocer a personas increíbles, amigos que enriquecieron mi vida y de quienes aprendí lecciones que espero nunca olvidar. Leo, David, Armando, Rubí, Guadalupe, Pacheco, Ubaldo y Regina, les agradezco profundamente sus opiniones, su compañía, su apoyo y su amor. Quisiera también darle las gracias a aquellas personas que con su comportamiento errático e impredecible, estimularon mi curiosidad por encontrar alguna herramienta matemática para tratar de entenderlos y como consecuencia, me ayudaron a comprender mejor las redes sociales.

Agradezco inmensamente a la Dra. Bibiana Obregón Quintana, por presentarme la teoría de redes y transmitirme su pasión por esta, compartir su calidad humana, sus valiosas experiencias e invaluable consejos, sus maravillosas clases, animarme a trabajar el tema de las redes sociales musicales, por confiar y creer en mí incluso cuando yo dudaba de mí mismo, por su excelente asesoramiento, amabilidad e infinita paciencia. Muchas gracias B.

Extiendo mi agradecimiento a los sinodales asignados para la revisión de este trabajo por sus acertadas observaciones, su punto de vista fue invaluable para su conclusión; agradezco al Mat. Salvador López Mendoza por sus enriquecedoras sugerencias y profesionalismo, al Dr. Pedro Eduardo Miramontes por sus honestos consejos no solo en el ámbito académico, sino también en el profesional, a la Act. Claudia Villegas Azcorra por la inspiración que me regala con su fortaleza, voluntad e inteligencia y al Dr. Román Anselmo Mora Guitiérrez, por sus atinadas observaciones, maravillosa energía y pasión al trabajar.

De forma muy especial, quisiera agradecer al Programa de Apoyo a Proyectos de Investigación e Innovación Tecnológica (PAPIIT) por el apoyo económico brindado al proyecto **IA303418** *Redes sociales, complejidad y centralidad*, el cual fue fundamental para la culminación del presente trabajo.

Finalmente, quisiera agradecer a la vida, a la Universidad Nacional Autónoma de México y nuevamente a la Dra. Bibiana Obregón Quintana por brindarme la oportunidad de poder juntar mis dos mayores pasiones, las matemáticas y la música. Este trabajo no es solo una tesis, representa la conclusión de una de las mejores vivencias de mi vida, gracias a todos.

Introducción

La música ha sido una parte fundamental para todas las culturas, desde la primera canción conocida hasta la música contemporánea, su relevancia permanece incuestionable para el desarrollo de la humanidad [54]. Como cualquier tipo de arte, es una forma de expresión que refleja el sentir de una cultura específica en un momento particular, y ayuda a entender de mejor manera sentimientos difíciles de describir con el lenguaje coloquial; además, cuenta con un gran potencial educativo, pues se puede estudiar desde un enfoque multidisciplinario [68-70].

Hoy en día, esta posee una fuerte importancia cultural, pero además, la música constituye un negocio muy exitoso donde se venden productos para toda clase de gustos en varias clases de formatos. De hecho, debido a la creciente demanda por música, muchas empresas han hecho estudios e investigaciones para encontrar el mejor producto para un cierto grupo demográfico, o para alguien en particular, como puede verse en *Spotify* con el *Discovery semanal* [80]. Sin embargo, si bien vale la pena investigar y trabajar cosas relacionadas con música desde un enfoque empresarial, también se pueden hacer hallazgos útiles estudiando a las personas que se instruyen en esta disciplina, las cuales son esenciales para que el negocio continúe. En la actualidad, es evidente que para que se siga creando música, debe de haber cierta interacción entre músicos, dado que es imposible pensar en alguno, de los últimos cinco siglos a la fecha, que haya comenzado a hacer música por sí solo; en otras palabras, de un tiempo para acá, es necesario haber escuchado música para ser músico, de tal forma que, cualquier músico contemporáneo tuvo que haber recibido la influencia de algún otro músico del pasado.

La inmensa mayoría de música contemporánea es creada gracias a colaboraciones entre músicos, y para ello, es necesario que haya interacción social e influencias, de esta forma se puede observar que los músicos, lejos de ser individuos aislados, tienen una naturaleza social intrínseca al momento de hacer música. Sin embargo, a pesar de que lo anterior es cierto, parece ser que no se le ha dado la importancia necesaria al comportamiento de las influencias en el ambiente musical, pues para la fecha de realización de este trabajo, se han encontrado pocos trabajos que estudien las influencias *per se* o la estructura de las interacciones sociales entre músicos contemporáneos [13].

Ahora bien, se sabe que la teoría de redes es una herramienta útil para la modelación y el estudio de grupos de personas, pues se puede construir una red donde las personas se representen como nodos y las relaciones que las unen como un enlace. En este caso, los músicos se representarán como nodos y sus interacciones como arcos.

Es decir, en este trabajo se busca modelar y estudiar las interacciones entre músicos por medio del análisis de redes sociales, en específico se estudiarán las redes ego de guitarristas

influyentes en el género *Rock*, del año 1953 al 2018. El objetivo es crear una red social que modele de manera aceptable las interacciones de músico a músico; habiendo hecho esto, se estudiará la estructura de la red y se buscará cuantificar la influencia de un músico a fin de identificar al guitarrista más influyente.

El presente trabajo se ha estructurado de la siguiente manera: El Capítulo 1, ofrece un panorama general respecto a la aplicación de redes como herramienta para estudios relacionados con el arte. El Capítulo 2 aborda acontecimientos históricos fundamentales para el desarrollo de la teoría de redes, así como conceptos y definiciones que se utilizarán en los capítulos subsecuentes. El Capítulo 3 presenta conceptos particulares de las redes sociales, antecedentes históricos relevantes y aportaciones históricas fundamentales para la creación de redes sociales. En el Capítulo 4 se definen los pasos seguidos para la modelación de la red, los límites considerados para su construcción y se especifican las fuentes de dónde se consiguieron los datos. En el Capítulo 5 se analiza a la red social modelada de acuerdo con el capítulo anterior, se calculan e interpretan métricas relevantes para el objetivo de la tesis. Por último, se presentan las conclusiones generales del análisis realizado con anterioridad, así como estudios futuros relacionados con el tema y propuestas para extender y enriquecer el trabajo.

Capítulo 1

Antecedentes

La teoría de redes tiene diversas aplicaciones, una de particular relevancia para este trabajo es modelar y estudiar estructuras sociales. A las redes que modelan esto se les denomina redes sociales, intuitivamente, son esquemas que simbolizan estructuras y relaciones entre personas, las cuales se les representa con un punto o círculo llamado nodo o actor, las relaciones serán líneas que unen a los actores, nombradas arcos o vínculos [22].

La implementación de redes como herramienta para el estudio de la sociedad ha probado ser de mucha utilidad; es un acercamiento diferente que cubre de manera cuantitativa ciertos aspectos que podrían ser difíciles de estudiar desde otro punto de vista. Sin embargo, a pesar de que las relaciones sociales son fundamentales para el desarrollo y difusión del arte, existen pocos proyectos que relacionen redes y arte [71].

Ahora bien, esto no quiere decir que no haya trabajos encaminados a encontrar similitudes en las obras de diferentes artistas, o incluso estudiar la influencia entre ellos utilizando redes sociales. En el pasado se han realizado investigaciones que exploran la estructura de las influencias entre pintores occidentales [12], a fin de encontrar comunidades de diferentes corrientes artísticas; también se han estudiado redes de colaboración entre músicos de un género en particular [13], donde se descubrieron resultados interesantes.

En el caso de los pintores occidentales, se armó una red donde los actores eran pintores y los vínculos conexiones biográficas, es decir, se vinculan entre sí cuando uno inspiró a otro o si algún artista trabajó en el taller de otro. Al considerar los atributos de los nodos, como el género al cual se dedicó el pintor o escuela donde estudió, se encontraron comunidades correspondientes a cada corriente, de tal forma que cada pintor perteneció a uno y sólo un grupo. Luego, se propusieron modificaciones a algunas métricas para encontrar a los pintores cuyo impacto trascendió a su comunidad, en función de la metodología y topología de la red. Estas alteraciones permiten ver más allá de lo evidente, dándole importancia a pintores que no son particularmente conocidos, pero que tuvieron un papel fundamental influyendo a otros renombrados [12].

En otro trabajo, se crean y analizan dos redes de colaboración entre músicos y bandas de Jazz, en la primera los músicos se conectan si tocaron en la misma banda; en la segunda, las bandas se conectan si tienen algún músico en común [13]. Al analizar la red, se observó que la estructura reflejaba comunidades en función de segregación racial y lugares donde se grabó la música, dando como resultado un mejor entendimiento de la estructura social

en el ambiente del Jazz, fundamental para la comprensión del origen y desarrollo de la música negra en Estados Unidos [13].

En la página web *everynoise.com* [56] se permite al usuario interactuar con una clase de plano musical, el cual contiene una cantidad gigantesca de géneros, artistas e incluso cuenta con fragmentos musicales; se puede escuchar a algún artista o género con hacer click en la etiqueta correspondiente, además de explorar artistas relacionados con un género en particular. Esta página fue creada por Glenn McDonald, quien trabaja en una empresa especializada en el análisis musical llamada *The Echo Nest*. Se sabe que tiene 1,419 géneros musicales diferentes, que se distribuyen e identifican por medio de un formato de etiquetas escritas en varios colores y ordenadas en conjuntos, creando así un mapa musical accesible e interactivo [81].

The Echo Nest cuenta con una plataforma inteligente capaz de sintetizar, analizar y transformar datos musicales; encuentra patrones y estructuras similares en el género de cada canción, los clasifica y relaciona. The Echo Nest es una empresa que colabora con más de 400 aplicaciones que buscan sugerir música *ad hoc* a los gustos de sus usuarios [57].

A pesar de que la página web anterior es sumamente interesante, no investiga la estructura social de los músicos, cuenta con muy pocos datos numéricos y, dado que tampoco es una red, sería imposible hacer un análisis para encontrar al músico más influyente. Sin embargo, este antecedente nos da un panorama gigantesco de las posibles aplicaciones de las redes en la investigación del arte, ya que con algoritmos similares a los que tiene The Echo Nest, se pueden crear redes cuyo análisis podría ser muy revelador y con fuertes implicaciones publicitarias, mercadotécnicas e incluso didácticas.

Los antecedentes que aquí se han mencionado, ofrecen un vistazo al potencial que tienen las redes para el estudio del arte y las estructuras sociales que conllevan; a pesar de que es evidente la relevancia de las relaciones sociales en el arte, pocas veces se les da la importancia adecuada. Las redes enfocadas al arte ofrecen un acercamiento matemático a situaciones poco estudiadas, ofreciendo la posibilidad de descubrir tendencias y comportamientos que de otra manera se complicaría encontrar.

Capítulo 2

Marco teórico

El presente capítulo tratará conceptos importantes para el estudio de redes, se iniciará con una breve recapitulación de antecedentes históricos, para después presentar conceptos básicos y métricas que se usarán en el análisis de la red social musical.

2.1. Antecedentes históricos

En el siglo XVIII, la ciudad que actualmente se conoce como Kaliningrado, Rusia, era la ciudad de Königsberg, Prusia; ésta estaba dividida por el río Pregel en cuatro terrenos unidos por 7 puentes. En aquella época, algunos residentes se preguntaban si sería posible encontrar un recorrido que pasara sólo una vez por cada uno de los puentes y regresara al punto inicial, algunos decían que era imposible y otros, daban el beneficio de la duda. Este problema fue resuelto por Leonhard Euler, quien daría origen a la *Teoría de Grafos*. Euler no se interesaba en el problema por sí mismo, lo que lo ocupaba era la creación de herramientas matemáticas para la resolución de este tipo de problemas [1].

Euler se planteó el problema de la siguiente manera, llamó a las regiones separadas por el río como A, B, C y D y a los puentes que las unían como a, b, c, d, e, f y g. Luego de unos cuantos meses, en *Solutio problematis ad geometriam situs pertinentis* [58], publicado en 1736, demostró, por medio de gráficas, que era imposible hacer un recorrido con esas características. Además generalizó, descubriendo que si hay más de dos áreas conectadas con un número impar de puentes, no existe tal recorrido [1].

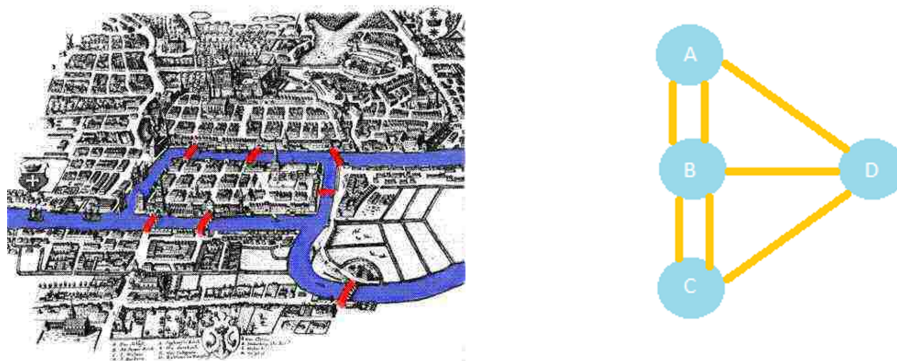


Figura 2.1: A la izquierda una ilustración de los puentes de Königsberg y a la derecha su representación gráfica

La abstracción del problema anterior por medio de gráficas resultó ser una contribución importante para diferentes áreas, por ejemplo, ayudó a la construcción de las leyes de Kirchhoff, publicadas en 1845 y vitales para el estudio de circuitos eléctricos [7]. Asimismo, esta idea fue fundamental para el desarrollo del modelo Erdős–Rényi, publicado en 1950; modelo usado en la actualidad como base para la creación de diferentes gráficas e incluso, modelación de algunos sistemas reales con pequeñas modificaciones [9].

Por otra parte, en 1967, Stanley Milgram realizó el famoso *experimento del mundo pequeño*, el cual consistió en entregarle a una persona una carta con destinatario y darle escasa información sobre este. Si la persona conocía al destinatario se la mandaría directamente, de no ser así, buscaría entregársela a un intermediario que considerara con la mayor probabilidad de conocerlo, eligiendo únicamente a sus amigos y conocidos. El nuevo remitente haría exactamente lo mismo y el proceso se repetiría hasta que el sobre estuviera en las manos de la persona destino.

El objetivo del experimento era encontrar el número necesario de personas para hacer llegar el sobre a la persona deseada, al terminarlo se concluyó que se requería un promedio de 5.2 personas para poder contactar a cualquier persona en el mundo, por practicidad se redondeó a 6, de ahí la expresión de *seis grados de separación*. El resultado anterior reveló la facilidad con la que las redes permiten el tráfico de información, y despertó interés en la comunidad científica por el estudio social mediante redes [8].

Posteriormente, en 1998, a partir del experimento del mundo pequeño y el modelo Erdős–Rényi, Duncan Watts y Steven Strogatz propusieron un modelo especializado en describir lo que ellos llamaron, como referencia al experimento de Milgram, *redes de mundo pequeño*. El modelo Watts–Strogatz considera las dos características de tales redes: *distancia media* relativamente pequeña, es decir, pocas personas para llegar al destinatario y un coeficiente de agrupamiento o *clustering* alto, que si se piensa en el experimento de Milgram, correspondería a que si dos personas no se conocen directamente, existe una gran probabilidad de que se conecten mediante alguna otra persona [2].

Un año más tarde, Réka Albert y Albert-László Barabási al modelar la Web mediante una gráfica, se percataron que había de tomarse en cuenta la popularidad de los sitios web, de tal forma que desarrollaron el concepto de *preferencia de enlace* y a su modelo le llamaron *red de libre escala*. El modelo Barabási–Albert crea redes donde la información se transmite mucho más rápido que en la red de mundo pequeño, y se tienen puntos donde la información se concentra mucho más que en otros, este modelo es útil para modelar la red de amistades entre personas, por ejemplo [10].

Las contribuciones anteriores fueron de suma importancia para el desarrollo, estudio y aplicaciones de redes. Hoy en día las redes se aplican en muy diversas áreas, abarcando desde el ámbito tecnológico hasta el social, sirven para optimizar procesos, resolver problemas, investigaciones sociales e incluso han sido útiles para investigaciones sobre sentimientos en nuestra sociedad [1, 8, 11-14, 70-72].

2.2. Conceptos básicos de redes

Intuitivamente, una red es una colección de nodos relacionados entre ellos mediante arcos. Los nodos son elementos del conjunto V y se numeran o nombran en función de lo que se esté representado en la red, los arcos pueden ser representados con el par ordenado (i, j) o con la notación e_{ij} , con $i, j \in V$, dichas notaciones denotan que el arco va del nodo i al nodo j . Hay grafos dirigidos y no dirigidos, véase Figura 2.2. En los grafos no dirigidos $e_{ij} = e_{ji}$, i.e., existe un arco que va del nodo i al j si y sólo si ese mismo arco permite que el nodo j se comuniquen con el nodo i . En cambio, en los dirigidos $e_{ij} \neq e_{ji}$, i.e., puede que exista un arco del nodo i al nodo j , pero no necesariamente existe el de j al i , a la cardinalidad del conjunto V se le conoce como *orden* y a la del conjunto E como *tamaño* [1].

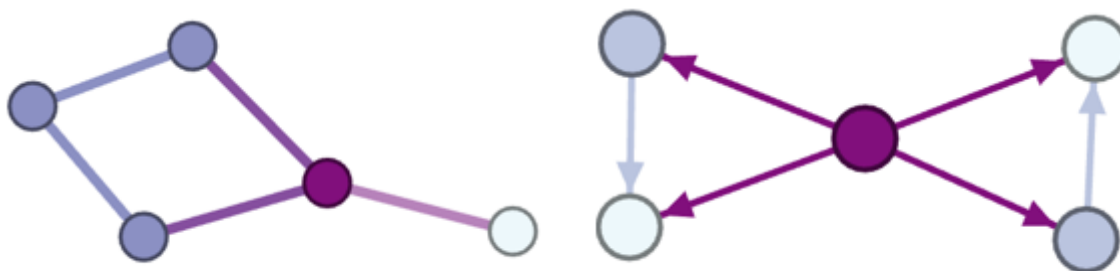


Figura 2.2: A la izquierda un ejemplo de red no dirigida, a la derecha una red dirigida.

Ahora bien, en las redes no dirigidas, al número de arcos conectados con un nodo se le denomina *grado*, en el caso de las dirigidas este concepto se divide en dos, *grado de entrada* y *grado de salida*, el primero se refiere al número de arcos que inciden en un nodo y el segundo al número de arcos que parten de un nodo, a los nodos con mayor grado de la red se les denomina *hubs*.

De los conceptos anteriores se derivan otros de suma importancia, tales como el *componente de entrada*, el *componente de salida*, el *componente fuerte* y el *componente débil*. El componente de entrada se define como el conjunto de nodos desde los cuales, por medio de arcos, se puede llegar a un nodo específico; el componente de salida es el conjunto de nodos a los cuales, mediante arcos, se pueden llegar desde un nodo específico. Naturalmente estos dos conceptos se utilizan para redes dirigidas y nodos individuales, en redes no dirigidas no existe distinción entre ellos.

Se utilizará la red dirigida mostrada en la Figura 2.3 para ejemplificar los conceptos anteriores. El componente de entrada tanto del nodo A como del nodo E es vacío, el componente de salida del nodo A es D, B, C y F , el de E consta de los nodos D y F . De manera similar, el componente de entrada de los nodos D y F está compuesto por los nodos A y E , pero su componente de salida es vacío. Ahora bien, en el componente de entrada del nodo B se puede encontrar al nodo A , en su componente de salida al nodo C . Por último, se puede observar que en el componente de entrada del nodo C está B y que su componente de salida es vacío.

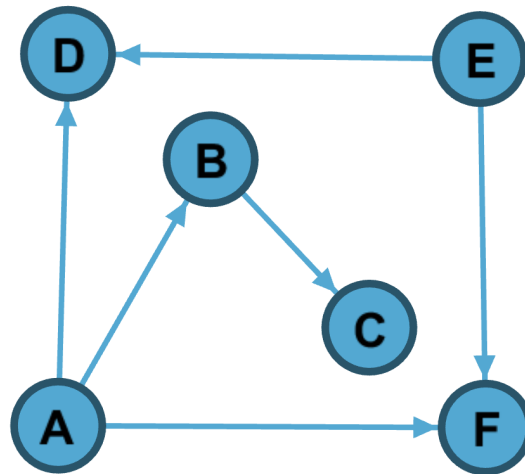


Figura 2.3: Red dirigida

Por otra parte, cuando se estudia una red, es común interesarse en secciones de ésta, pues pueden ofrecer información importante. A estos subconjuntos se les conoce como *componentes* y al ser parte de una red, son redes por sí mismos, por ende pueden ser tan pequeños como un nodo o tan grandes como la red entera, a las redes que cuenten con un camino de arcos que una cualquier par de nodos en ellas, sin importar dirección, se les conoce como *redes conexas*.

Además, a un componente se le denomina fuerte si existe un camino desde cualquier nodo a cualquier nodo del componente; a un componente se le denomina débil si no es fuerte pero si conexo [73]. En la Figura 2.4 se pueden apreciar dos componentes, uno fuerte y uno débil. El análisis de componentes de una red puede tener diversas aplicaciones, entre muchas otras se puede mencionar la cuantificación de flujo que pasa por una zona; ver si alguna sección conforma a un grupo dentro de la red o incluso, para la resolución de algunos problemas, se busca encontrar qué partes de la red conviene dejar y cuáles eliminar.

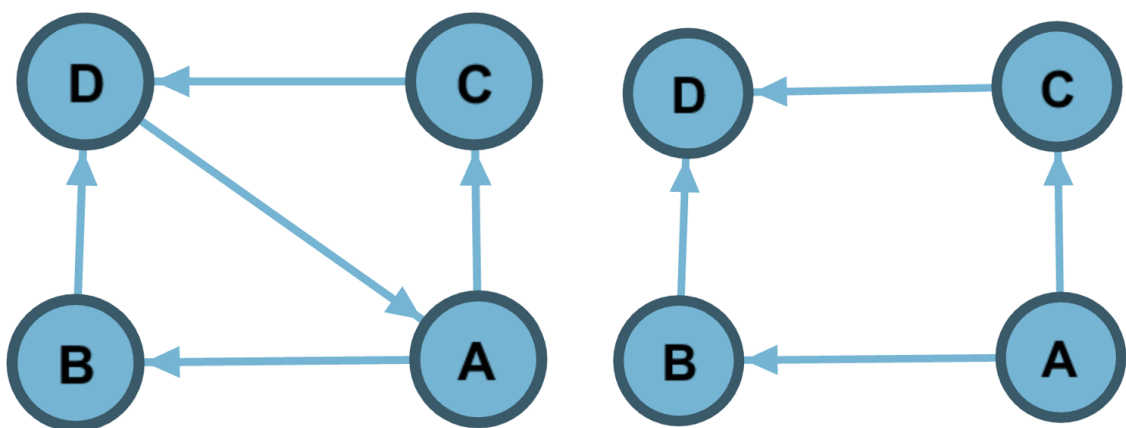


Figura 2.4: A la izquierda un componente fuerte, a la derecha un componente débil.

2.3. Representación de redes y datos

Existen diversas maneras para representar a una red, si bien un esquema como el mostrado en la Figura 2.3 es práctico para redes de orden y tamaño bajo, no lo es para redes de orden y tamaño más elevado, para estos casos existen diferentes herramientas para facilitar el trabajo, tales como la *matriz de adyacencia* y las *listas de nodos y arcos*.

En la matriz de adyacencia los renglones y las columnas representan a los nodos de una red, por lo tanto esta matriz siempre será cuadrada, véase Figura 2.5. Las entradas de la matriz de adyacencia siguen la siguiente regla:

$$a_{ij} = \begin{cases} 1 & \text{Si el nodo } i \text{ se conecta con el } j. \\ 0 & \text{En otro caso.} \end{cases}$$

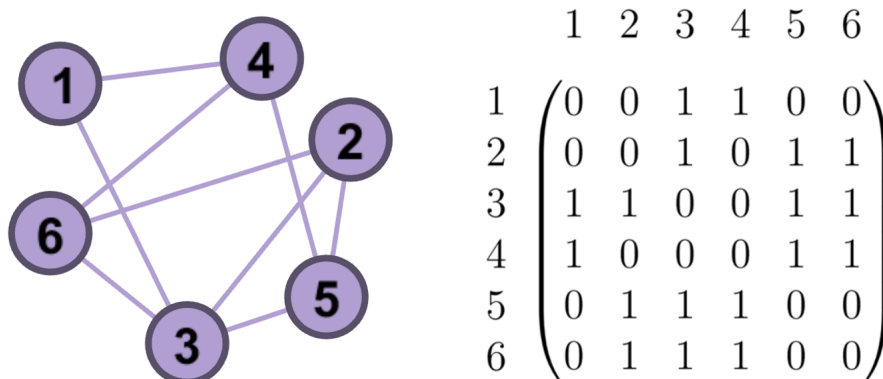


Figura 2.5: A la izquierda una red no dirigida, a la derecha la matriz de adyacencia correspondiente.

Esta representación es útil tanto para redes dirigidas como para no dirigidas, incluso funciona para redes con *rizos directos*, es decir, cuando un nodo se encuentra en su componente de salida o de entrada. Para detectar rizos sólo se debe analizar la diagonal, si esta tiene algún 1 significa que cuando menos hay un rizo, ya que i no necesariamente es diferente de j , véase Figura 2.6. Las redes que se trabajarán en esta tesis carecen de rizos y de arcos múltiples, a este tipo de redes se les conoce como *redes simples*.

La utilidad de la matriz de adyacencia no termina en representar una red, si se suman las entradas de un renglón se obtiene el grado de salida, si se suman las entradas de una columna se obtiene el grado de entrada. Naturalmente, cuando se trabaja con una red no dirigida y simple se obtendrán las mismas cifras al sumar las entradas de un renglón o las entradas de la columna correspondiente, véase Figura 2.7.

La matriz de adyacencia es una forma útil de representar y trabajar con redes relativamente pequeñas, sin embargo, para redes muy grandes una matriz de adyacencia no es eficiente, pues se aumenta demasiado el tiempo y el costo computacional. Para poder trabajar redes de orden alto con un menor costo computacional se crearon las listas de nodos y arcos, en una lista se asocia un identificador y nombre a cada nodo, en la otra se

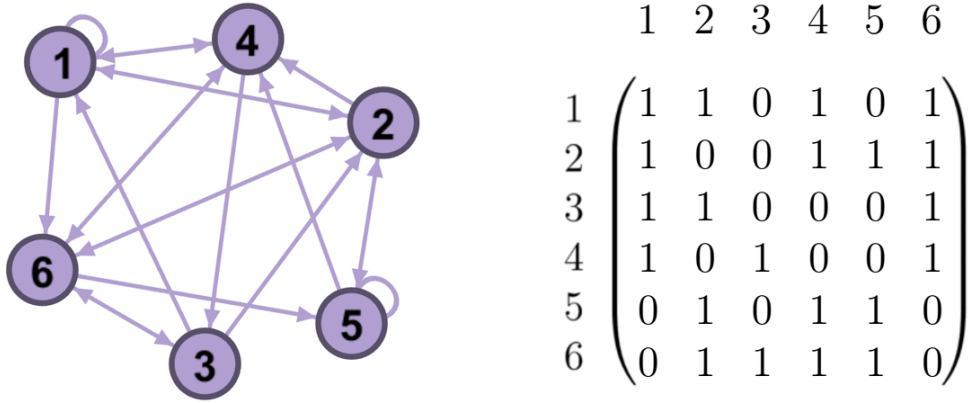


Figura 2.6: A la izquierda una red dirigida y con rizos, a la derecha la matriz de adyacencia correspondiente.

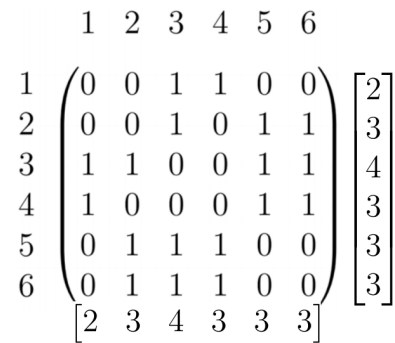


Figura 2.7: Matriz de adyacencia de la red incluida en la Figura 2.5, con el grado de entrada en horizontal y el de salida en vertical encerrados en corchetes, para cada nodo.

caracterizan los pesos asociados de los arcos, la dirección de los mismos y entre qué nodos hay conexión. Véase Figura 2.8.

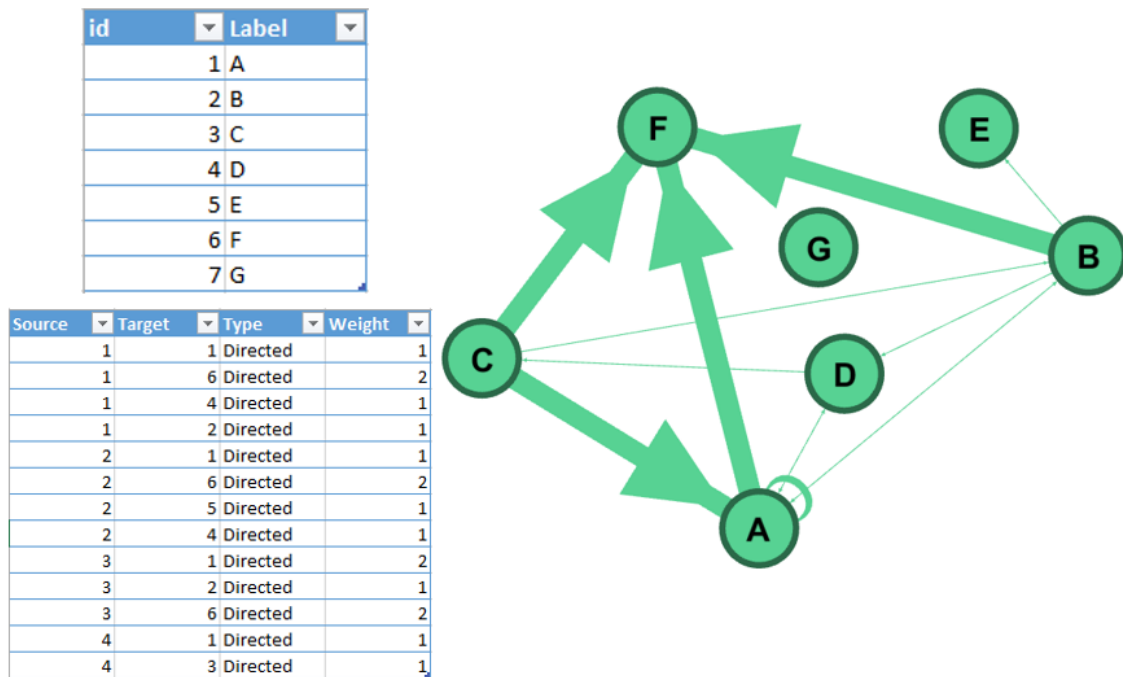


Figura 2.8: Arriba a la izquierda la lista de nodos, abajo a la izquierda lista de arcos y a la derecha la red resultate.

2.4. Díadas y tríadas

Las redes modelan diversos sistemas con el objetivo de analizarlos, en particular las *redes sociales* son una herramienta que ayuda a analizar una de las áreas menos accesibles desde la perspectiva de las ciencias exactas, el comportamiento humano. En las redes sociales los nodos, a los cuales se referirán como actores, representan personas o grupos, y los arcos, que se les denominará vínculos, representan las relaciones entre los actores.

Un acercamiento como el anterior facilita la visualización de estructuras sociales y ayuda al descubrimiento de patrones dentro de estas. Dichos patrones pueden resultar útiles para entender situaciones que acontecen en la vida real, tales como el transporte de información, el esparcimiento de influencia publicitaria, la detección de grupos e incluso ventajas competitivas en un ambiente laboral [4-14,74].

Toda red social está compuesta de *diadas*, definidas como todas las interacciones posibles entre dos actores. A estas relaciones se les puede clasificar como *antisimétricas*, *simétricas* o *recíprocas*, véase Figura 2.9. Las diadas antisimétricas son cuando, para dos actores j e i , existe el vínculo (i,j) pero no existe el (j,i) , como en la diada tres o cuatro, por ejemplo, Gloria quiere ser amiga de Javier pero Javier no de Gloria. En el caso de las diadas simétricas puede o no existir un vínculo, de existir no necesariamente describe la misma relación entre los nodos, por citar un caso, Pablo quiere ser novio de Jazmín

pero Jazmín solo quiere ser amiga de Pablo. Por su parte, en las diadas recíprocas siempre existe tanto el vínculo (i,j) como el (j,i) y además tal vínculo representa la misma relación, como la diada número 2 y 5, el caso donde dos personas quieren ser novios o amigos [5].

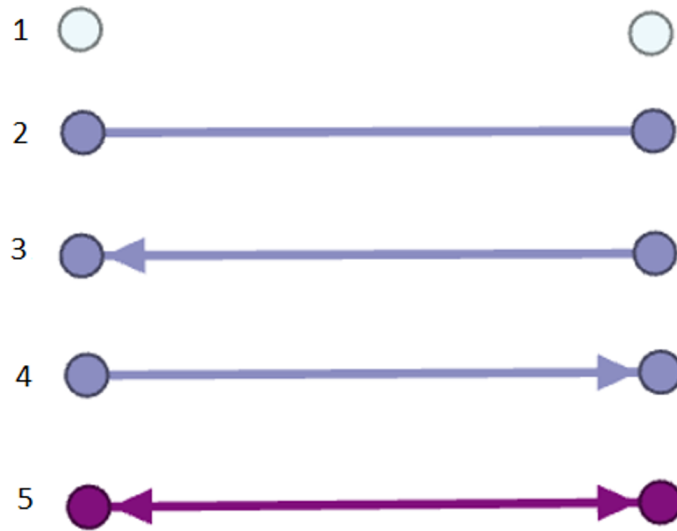


Figura 2.9: Tipos de diada: Diada 1 simétrica, 3 y 4 antisimétricas y 2 y 5 recíproca.

Las triadas siguen el mismo principio pero entre tres actores, es decir, consideran todas las interacciones posibles entre tres actores considerando dirección, éstas tienen particular relevancia en las redes sociales, ya que las triadas se consideran la forma más sencilla de grupo. Debido a la naturaleza de la música, los grupos son algo vital dentro de una red social musical y las triadas ofrecen una forma clara y concisa de detectarlos.[5]

2.5. Distribución de grado

Otro concepto fundamental para el estudio y análisis de redes es la *distribución de grado* $P(k)$, definida como la probabilidad de que, al seleccionar aleatoriamente un nodo de la red, este tenga grado k . En el caso de las redes dirigidas se tienen dos distribuciones de grado, la de salida y la de entrada. La distribución de grado es muy importante, pues permite observar tendencias generales de la red y, en función de dichas tendencias, clasificarlas [4,74].

En relación con esto último, si la distribución de grado se asemeja a la campana de una distribución *Poisson*, la red se clasifica como *homogénea*, es decir, una red cuyos nodos tienen en promedio grado k ; el ejemplo por excelencia de las redes con distribución Poisson son las redes aleatorias cuando su orden tiende a infinito. Por otra parte, cuando la distribución de grado sigue una ley de potencia, la red se clasifica como *heterogénea*, esto es cuando se tienen pocos nodos con grado alto. Además, en algunas ocasiones la distribución de grado revela la existencia de *hubs*, que son los nodos de mayor grado y dominantes en una red, en algunas ocasiones estos son de suma importancia, dependiendo del contexto, topología y metodología de la red [4,74].

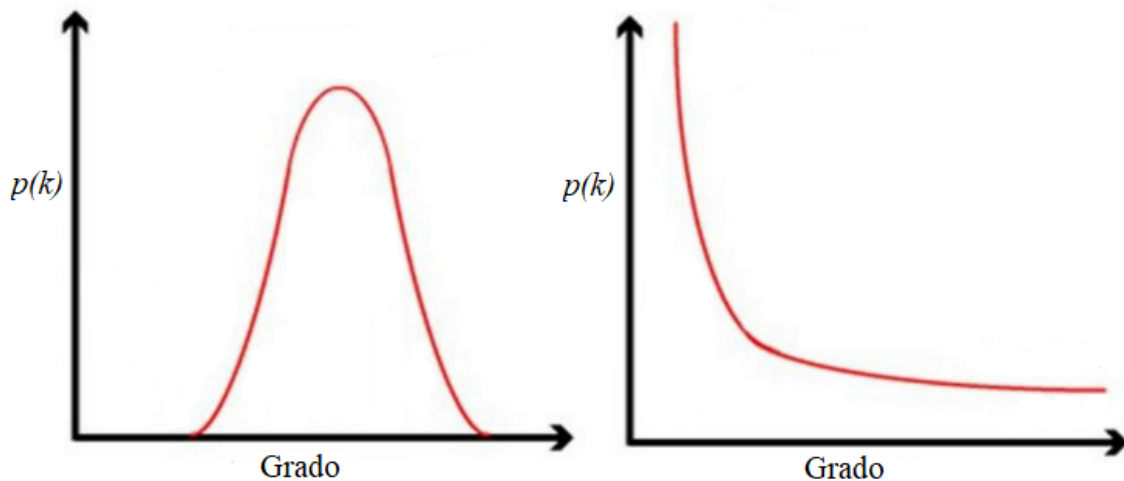


Figura 2.10: La distribución de grado de la izquierda representaría una red homogénea, su contraparte, una red heterogénea.

2.6. Disortatividad, homofilia y otros conceptos

Una forma más de clasificar a las redes es por la relación entre sus nodos, es decir, a redes cuya mayoría de nodos con bajo grado se unen con nodos de alto grado se les conoce como *disortativas*, cuando la mayoría de nodos se conectan con nodos de grado similar se les llama *asortativas*, y cuando no es posible identificar una tendencia se les denomina *neutras*. Lo anterior se puede cuantificar por medio del coeficiente de Pearson r [6], cuando r es cercano a uno la red se considera asortativa, si es cercana a cero es neutra y si es cercana a menos uno la red se considera disortativa.

El coeficiente de Pearson se define de la siguiente manera:

$$r = \frac{\sum_i e_{ij} - \sum_i a_i b_i}{1 - \sum_i a_i b_i}$$

con e_{ij} la fracción de arcos que conectan nodos tipo i con otros tipo j en una red, $\sum_j e_{ij} = a_i$ con i fija y $\sum_i e_{ij} = b_j$ con j fija [6].

En el caso particular de las redes sociales, las redes disortativas aparecen con frecuencia debido a un fenómeno llamado *preferencia de enlace*, esto puede ocurrir cuando un nuevo actor se introduce en la red social y tiene diferentes probabilidades de crear un vínculo con los otros que ya pertenecían a la red. La preferencia de enlace está fuertemente ligada con tres conceptos fundamentales para las redes sociales, *homofilia*, *eficacia* y *efectancia* [75-77].

La *homofilia* se refiere a la tendencia que tienen los actores dentro de una red social para relacionarse con otros con características similares [75]; la *eficacia* se define como la necesidad de los actores para juntarse con otros con el fin de aprender algo o conseguir algún beneficio [76]; y la *efectancia* es cuando un actor se desconecta de otro debido a una variable oculta, por ejemplo, intereses personales [77].

Los tres conceptos anteriores deben considerarse para la modelación de cualquier red social, en el caso particular de la red social musical, la homofilia puede corresponder a la tendencia que tienen los músicos para tocar con otros que buscan hacer música similar. La eficacia, por ejemplo, es cuando los músicos se juntan para que su obra tenga mayor alcance y por último, la efectancia describe algo común en el mundo de la música, cuando un músico tuvo éxito con un conjunto y después busca hacer una carrera como solista.

2.7. Redes ego

Un pilar básico para la creación de la red social musical en esta tesis serán las *redes ego*, las cuales son una forma útil para modelar los diferentes niveles de intimidad en las relaciones que tiene una persona. Estas redes consisten en un nodo central, el cual se denomina *ego*, y representa a una persona principal, y en los *alters*, que son las personas con las cuales el ego interactúa, véase Figura 2.10 [4]. Las redes ego hacen una distinción entre las relaciones muy íntimas, las no tanto y las superficiales, en este trabajo se usarán con una pequeña modificación, representando las diferentes relaciones como formas de interacciones entre músicos.

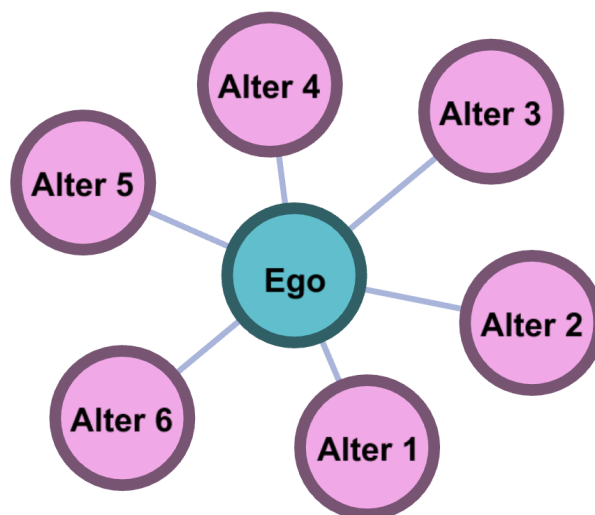


Figura 2.11: Red Ego

2.8. Densidad y comunidades

La *densidad* está estrechamente relacionada con la creación de grupos en una red, se define como la cantidad de arcos que puede tener una red sobre la cantidad de arcos que esta tiene. Si bien es posible encontrar redes sociales con densidad alta, como la que modela las amistades en un grupo escolar, en algunas ocasiones esperar que una red social tenga una densidad cercana a uno es esperar demasiado, esto implicaría que los actores se relacionan con casi todos los demás. Para calcular si una red social es densa, hay que tomar en cuenta el contexto de la red; puede que una red social con una cuarta parte de sus relaciones potenciales sea ya considerablemente densa [82]. Por ejemplo, suponga una

red de amistad en la Ciudad de México, donde se vincule a cada actor con otro si son amigos y cuya densidad sea de $\frac{1}{4}$, esto implicaría que la cuarta parte de las potenciales amistades en toda la ciudad se dieron, si se considera la extensión territorial y la densidad de población, resultaría en una red sumamente densa.

Con base en los conceptos anteriores, se considera que una red social densa representa un ambiente de confianza y cooperación, condiciones necesarias para el establecimiento de numerosos vínculos, por el contrario, una poco densa describiría una situación de tensión y competencia [78]. En las poco densas es común encontrar *comunidades*, es decir, componentes donde la densidad interna entre los nodos de esa comunidad es considerablemente mayor que en el resto de la red, lo anterior es debido a la necesidad de formar grupos de apoyo con el fin de alcanzar un objetivo en común. Por ejemplo, imagine una red donde los nodos representen a futbolistas de un periodo en particular y los arcos sean cuando dos jugadores hayan jugado en el mismo equipo. Esta red tendría una densidad alta de forma local, pues se marcarían claramente los equipos como comunidades por ser grupos de apoyo; sin embargo, la densidad global sería baja ya que pocos jugadores habrían trabajado para más de un equipo en el periodo definido. Debido a que los equipos buscan ganar juegos, la densidad global baja reflejaría un ambiente competitivo en la red.

Dentro de los conjuntos musicales se necesita un ambiente de confianza y cooperación entre sus miembros, debido a que la interpretación de la mayoría de piezas depende de más de un músico y un instrumento; esto llevaría a pensar que la red que representa a estas relaciones debe de ser densa al interior de componentes correspondientes a ciertas bandas. Ahora bien, hablando en términos generales, las colaboraciones entre músicos de diferentes grupos tienden a ser escasas, lo cual implicaría una densidad alta dentro de algunos componentes aislados y una densidad baja considerando toda la red, revelando la competencia que existe entre grupos por ser escuchados, de forma muy similar al ejemplo de los equipos de futbol.

2.8.1. Modularidad

La modularidad es una métrica que mide la fuerza de la división de una red en comunidades o, como también se les conoce, módulos [46]. Las redes con alta modularidad tienen alta densidad dentro de los módulos, pero escasas conexiones entre nodos de diferentes módulos. Existen varios acercamientos para el cálculo de la modularidad, pero no se ha encontrado un consenso, sin embargo, se ha descubierto que en función de la red que se estudia, todas las aproximaciones generan resultados satisfactorios. En general, la modularidad compara la densidad dentro de comunidades con otra densidad que se calcula cuando se tiene una distribución al azar de los enlaces entre todos los nodos, la modularidad se calcula de la siguiente manera [46]:

$$Q = \frac{1}{4m} \sum_{ij} (A_{ij} - \frac{k_i k_j}{2m})(s_i s_j + 1)$$

Con m el número de vértices en la gráfica, A_{ij} la matriz de adyacencia, k_i grado del nodo i y $s_i = 1$ si para cuando en una partición aleatoria de dos grupos, el nodo i se encuentre en el en el grupo 1 y $s_i = -1$ si el nodo i estén el grupo 2.

2.8.2. Coeficiente de agrupamiento

En redes sociales las triadas representan la forma más sencilla de grupos, pues cuando se estudian grupos por medio de redes, se encuentra que están formados por triángulos, o dicho de otra manera, triadas conectadas. Es por lo anterior que las triadas son tan importantes para la detección de grupos, tanto que la métrica que indica la tendencia de una red a formar triángulos se conoce como *coeficiente de agrupamiento*, o bien, *coeficiente de clustering* [73].

El clustering en redes está relacionado con la transitividad, ya conocida en las relaciones matemáticas, por ende se cumplen las propiedades de transitividad, es decir, si $A = B$ y $B = C$, entonces $A = C$. En el caso de las redes sociales, las *relaciones transitivas* tienden a ser comunes, por ejemplo, si Roberto es amigo de Alejandra y Alejandra de Gerardo, es muy probable que Roberto y Gerardo sean amigos, dado que tienen una amistad en común, de tal forma que si la amistad de Roberto y Gerardo existiera, se conseguiría una relación transitiva, representada por medio de un triángulo en la red [1].

Existen dos coeficientes de clustering, el local, que cuantifica qué tan integrado se encuentra un nodo con respecto a sus vecinos y el global, del cual no se tiene una interpretación clara [1,46,74]. El cálculo del coeficiente de clustering global es el siguiente:

$$C = \frac{\sum_{i=1}^N C_i}{N}$$

Con N el orden de la red y C_i el coeficiente de clustering local, calculado según Watts y Strogatz de la siguiente manera [1]:

$$C_i = \frac{2t_i}{k_i(k_i - 1)}$$

con t_i el número de triángulos que contengan al nodo i y k_i el grado del nodo i .

A fin de aclarar el concepto anterior se calculará el coeficiente de clustering global de la red mostrada en la Figura 2.12.

Se calcula C_i para cada nodo, debido a que los nodos siete, cinco, ocho y seis no pertenecen a ningún triángulo $C_5 = C_6 = C_7 = C_9 = 0$, para los nodos uno y cuatro se tiene que:

$$C_1 = C_4 = \frac{2(1)}{3(2)} = \frac{1}{3}$$

y para los nodos dos y tres:

$$C_2 = C_3 = \frac{2(2)}{4(3)} = \frac{1}{3}$$

de tal forma que el coeficiente de clustering global C es el siguiente:

$$C = \frac{\frac{1}{3} + \frac{1}{3} + \frac{1}{3} + \frac{1}{3}}{8} = \frac{1}{6}$$

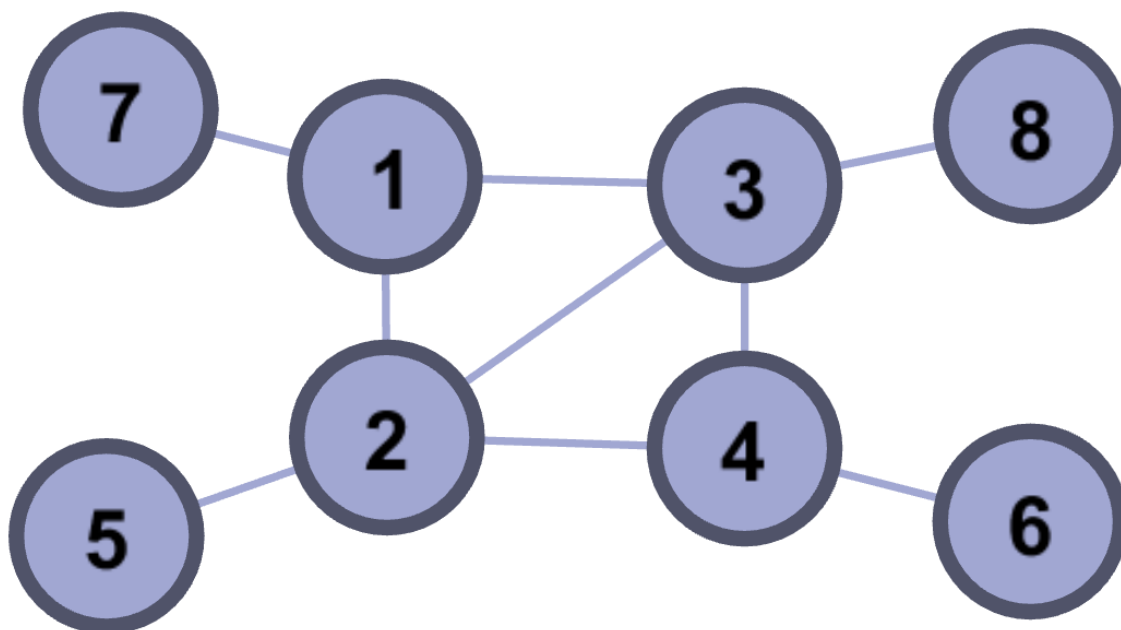


Figura 2.12: Ejemplo para el cálculo del coeficiente de clusterig.

Como se puede observar, el valor del clustering fue de $\frac{1}{6}$, sin embargo se dificulta bastante hacer alguna interpretación adecuada, no es claro lo que ese número representa. Por otra parte, el clustering local es mucho más claro, ofreciendo un número que representa qué tan integrados están los respectivos nodos con respecto a sus vecinos.

2.9. Centralidad

La *centralidad* es una medida local y global que permite obtener información de diferentes aspectos de cada nodo, incluso mostrando cuál es el nodo de mayor importancia en la red. Existen diferentes tipos de centralidades que pueden resultar útiles para las redes sociales, una de las más sencillas, pero no por ello poco ilustrativa, es la *centralidad de grado*. Ésta se refiere al grado correspondiente de cada nodo y como es de esperarse, para redes dirigidas existen dos centralidades de grado, la de entrada y la de salida, como el nombre lo indica, la primera mide el grado de entrada y la segunda el grado de salida [1,74].

A pesar de la simpleza de esta métrica, su importancia es fundamental para el análisis de redes, pues permite distinguir hubs y nodos poco conectados. Tal distinción puede ofrecer información muy valiosa en función de qué se esté modelando, por ejemplo, en una red de aeropuertos donde cada arco sea un vuelo programado, distingue al aeropuerto con más vuelos y por ende, donde hay mayor flujo de personas. En el caso de una red social, usualmente indica la popularidad que tiene un actor o qué tan sociable es [1,73].

Otra centralidad importante para algunas redes sociales es la *centralidad de vector propio*, intuitivamente indica qué nodos están bien posicionados para difundir información, es decir, si un nodo tiene una centralidad de vector propio alta, sus vecinos están bien conectados. Entonces, la información que salga de un nodo con centralidad alta llegará a muchos más nodos que si saliera desde un nodo con centralidad baja [1].

La centralidad de vector propio se puede obtener de la siguiente ecuación:

$$\lambda C_e = AC_e$$

donde $\lambda \neq 0$ es el valor propio de la matriz de adyacencia A y $C_e(i)$ la centralidad de vector propio del nodo i , suponiendo que $C_e = (C_e(1), C_e(2), \dots, C_e(N))$ es el vector de todas las centralidades de vector propio [84].

Con A la matriz de adyacencia, se mostrará el cálculo de esta centralidad por medio de un ejemplo sencillo, se calculará la centralidad de vector propio en la red mostrada en la Figura 2.13.

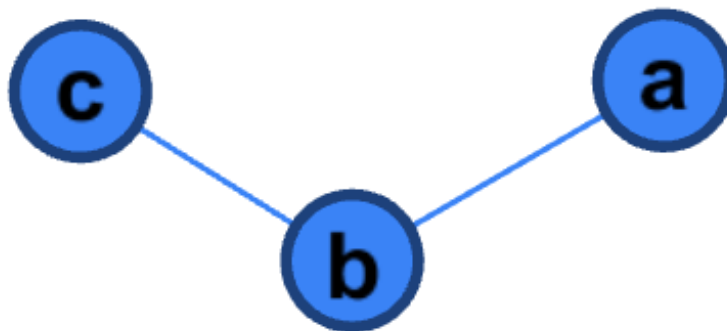


Figura 2.13: Ejemplo para el cálculo de la centralidad de vector propio.

Para el cálculo de la centralidad de vector propio se necesita de la matriz de adyacencia, para la red de la Figura 2.13 la matriz de adyacencia correspondiente es:

$$A = \begin{pmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 0 \end{pmatrix}$$

de tal forma que hay que encontrar C_e de la ecuación $\lambda C_e = AC_e$, por ende:

$$(A - \lambda I)C_e = 0$$

entonces, suponiendo que $C_e = [y_1, y_2, y_3]^T$:

$$\begin{pmatrix} -\lambda & 1 & 0 \\ 1 & -\lambda & 1 \\ 0 & 1 & -\lambda \end{pmatrix} \begin{pmatrix} y_1 \\ y_2 \\ y_3 \end{pmatrix} = 0 \quad (2.1)$$

debido a que $C_e \neq [0, 0, 0]^T$, es menester encontrar el valor de λ , para ello se obtiene el determinante de $(A - \lambda I)$:

$$\det(A - \lambda I) = \begin{vmatrix} -\lambda & 1 & 0 \\ 1 & -\lambda & 1 \\ 0 & 1 & -\lambda \end{vmatrix} = -\lambda(\lambda^2 - 1) - (-\lambda) = 2\lambda - \lambda^3 = \lambda(2 - \lambda^2)$$

entonces, las raíces del polinomio característico son $-\sqrt{2}, 0, \sqrt{2}$, se toma la raíz más grande, por lo tanto, el sistema de ecuaciones 2.1 queda de la siguiente manera:

$$\begin{pmatrix} -\sqrt{2} & 1 & 0 \\ 1 & -\sqrt{2} & 1 \\ 0 & 1 & -\sqrt{2} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} y_1 \\ y_2 \\ y_3 \end{pmatrix} = 0$$

Finalmente, se resuelve el sistema:

$$y_1 = 1, y_2 = \sqrt{2}, y_3 = 1$$

y normalizando se tiene:

$$y_1 = \frac{1}{2}, y_2 = \frac{\sqrt{2}}{2}, y_3 = \frac{1}{2}$$

Los resultados anteriores indican que el nodo b es el nodo mejor posicionado para esparcir información y los nodos a y c son igual de centrales, estos resultados eran esperados si se considera que el nodo b es el único que se conecta con todos los demás. [11]

Asimismo, el *grado de cercanía* resulta una métrica importante para las redes sociales. Esta métrica local describe qué tan próximo está un nodo del resto en función de sus rutas más cortas, es decir, el nodo con mayor grado de cercanía es el nodo desde donde, en promedio, se puede llegar con un menor número de pasos a todos los demás. En una red social se puede encontrar actores influyentes o detectar al actor que se encuentra mejor posicionado para comunicarse con la mayoría de los otros [42]. El grado de cercanía para el nodo x se define de la siguiente manera [43]:

$$C(x) = \frac{N}{\sum_y d(y, x)}$$

Por otro lado, la centralidad intermedia también provee información en las redes sociales [42]; ésta caracteriza la importancia que tiene un nodo en la comunicación o transmisión de información entre cada par de nodos de la red, asumiendo que la información viaja siempre por la ruta más corta. La centralidad intermedia se define como:

$$BC(i) = \sum_i \sum_k \frac{\rho(j, i, k)}{\rho(j, k)}$$

Donde $\rho(j, k)$ es el número de rutas más cortas que conecta a los nodos j y k , y $\rho(j, i, k)$ es el número de rutas más cortas que conecta a los nodos j y k que contienen al nodo i .

Es muy importante aclarar que las interpretaciones que se explicaron de cada métrica difieren en función de la metodología y el contexto de la red. Las interpretaciones citadas en este capítulo son solo ejemplos de cómo han sido utilizadas en algunos trabajos.

Capítulo 3

Redes sociales

Este capítulo se enfocará en conceptos particulares de las redes sociales, se explicarán antecedentes históricos relevantes para la red social musical de esta tesis, así como aportaciones y conceptos fundamentales para la creación y entendimiento de cualquier otra red social.

3.1. Sistema complejo

En términos generales, un *sistema* se puede entender como un conjunto de diversos elementos, y los procesos o relaciones mediante los cuales dichos elementos interactúan entre sí [78]. Si se considera la definición anterior, una red puede ser una buena opción cuando se requiere modelar un sistema, para hacerlo adecuadamente es necesario considerar las características del sistema que se está analizando [87].

En este trabajo se asume que el mundo musical conforma un *sistema complejo*, estos se definen por cuatro características importantes, se listará cada una explicando la relación que tienen con la red aquí presentada:

- *Emergencia*: Este concepto ha sido debatido por más de un siglo, por ende, existen diferentes definiciones asociadas a la emergencia. Sin embargo, la mayoría de estas concuerdan en que la emergencia corresponde a las relaciones no triviales entre las partes particulares del sistema y las generalidades [85]. En el mundo musical se puede observar que el estilo de muchos músicos se caracteriza por la influencia de algún pionero en el género o músico relacionado. Por ejemplo, se sabe que *Metallica* es una de las bandas más reconocidas y características en su género, según la *RIAA* (Recording Industry Association of America), es la banda de Metal con más discos vendidos hasta ahora [17]. Por lo mismo, no hay duda de que si alguno de sus miembros cambiara su forma de tocar, el conocido sonido de *Metallica* cambiaría. Lo anterior se pudo haber dado si Joe Satriani no hubiera sido el maestro de Kirk Hammett, guitarrista de *Metallica* cuando ninguno de los dos era un músico reconocido [16].

- *Independencia*: Las partes funcionan e interactúan por sí mismas [85]. Los músicos practican y forman conjuntos por sí mismos, no hay un factor externo que obligue a los músicos a interactuar entre ellos.

- *Interdependencia*: Si se afecta una parte se afecta todo el sistema [85]. Es sabido que Jimi Hendrix fue un guitarrista fundamental para el Rock contemporáneo, un artista de suma importancia, cuya muerte tuvo fuertes implicaciones en el medio musical, una de estas es el surgimiento de nuevos artistas en el sistema, por ejemplo Joe Satriani [18].

- *Auto-organización*: Capacidad de un sistema para organizarse a sí mismo [85]. Ésta es la característica más importante de un sistema complejo y es sencilla verla en las redes sociales musicales, pues no existe un manual de cómo hacer un conjunto musical, sin embargo, los músicos se ordenan por sí solos para formar desde orquestas hasta duetos. La auto-organización también se puede apreciar cuando se elimina una parte relativamente importante del sistema en cuestión, y a pesar de ello, el sistema encuentra la manera de seguir funcionando, por ejemplo, si un músico de un grupo importante muere o se retira, ese músico desaparece del sistema, pero se integra uno nuevo y el grupo continúa, en otras palabras, el sistema se reestructura y continua funcionando.

Al entender las características anteriores, es fácil percatarse que los sistemas complejos se encuentran presentes en la vida cotidiana, desde un ecosistema hasta el tránsito en la ciudad. Debido a que la comprensión de un sistema es básico para poder modelarlo, se considerarán estas propiedades para la creación y el análisis de la red.

3.2. Antecedentes sociales

Si bien la teoría de redes se deriva de la teoría de grafos, la Sociología ha jugado un papel vital para su desarrollo. Como se mencionó en la Sección 2.4 (Diadas y Tríadas), las redes como herramienta en el análisis de estructuras sociales han sido muy utilizadas por numerosos sociólogos, psicólogos y educadores.

En este sentido, Jacob Levy Moreno, innovó simplificando estructuras sociales por medio del *sociograma*, el cual es un diagrama compuesto por círculos unidos por líneas, los puntos representan personas o grupos y las líneas relaciones entre ellos, es decir, una red social. Una característica importante del sociograma es que no visualiza el tiempo o el espacio, lo cual permite un análisis meticuloso y en tiempo discreto, de tal forma que se puedan apreciar y estudiar los cambios dentro de la red. Además, al igual que cualquier red, se puede representar por medio de una matriz de adyacencia, incidencia o listas de nodos y arcos, facilitando la obtención de ciertas métricas y haciendo práctica su representación para redes de orden alto [14].

La introducción del sociograma por Moreno, dio origen a numerosas investigaciones y teorías sobre variados fenómenos sociales, una teoría destacada es *The Strength of Weak Ties*, por Mark Granovetter [21], argumenta que las relaciones poco cercanas entre actores o vínculos débiles son vitales para estructurar la sociedad; ayudan a introducir nuevos actores a diferentes grupos y al transporte de información entre personas. Por ejemplo, el aprendizaje de vulgaridades en niños y jóvenes se le podría atribuir al transporte de este tipo de léxico a través de vínculos débiles, ya que fungen como puente entre componentes densamente conectados, introduciendo nuevas ideas a grupos ya establecidos [21].

También llamó la atención de varios investigadores el concepto de centralidad, que intuitivamente era encontrar el actor más importante de la red o el actor por el cual fluye la mayor cantidad de información, sin embargo hubo mucha controversia e inconsistencias en cuanto a cómo medirla e interpretarla. Linton C. Freeman, en 1978, conjuntó todas las visiones y comenzó a dividir y clasificar los tipos de centralidades en función de los enfoques que se tenían: i) Grado, ii) Intermediación, y iii) Cercanía. Para cada enfoque había una familia de posibles cálculos, así que redefinió tres centralidades para los tres enfoques, y estudió las implicaciones de las nuevas centralidades en el estudio de grupos pequeños. Sus aportaciones han sido base para muchas de las centralidades utilizadas en la actualidad, además de que sus ideas ayudaron a concretar el concepto de centralidad [22].

Por otra parte, Nicholas A. Christakis y James H. Fowler se interesaron por el impacto que las relaciones sociales tienen respecto al contagio de enfermedades no infecciosas, en el artículo *The spread of Obesity in a Large Social Network over 32 Years* [19], analizaron la evolución de una red social a través del tiempo, prestando especial atención a los actores obesos para ver si estos influyen o contagian a sus vecinos para ser obesos.

Christakis y Fowler observaron que para cada intervalo de tiempo había grupos de gente obesa, se percataron que cuando un actor (ego) era obeso, su influencia se mantenía, en promedio, hasta tres grados de separación, es decir, si una persona es obesa, entonces es probable que sus amigos inmediatos también lo sean, de igual manera los amigos de sus amigos e incluso los amigos de estos últimos. Además concluyeron, de acuerdo con su red, que si algún actor tenía un amigo que se volviera obeso en algún intervalo de tiempo, la probabilidad de que ese actor se volviera obeso aumentaba un 57%, poniendo en evidencia la importancia de las relaciones sociales en el esparcimiento de alguna idea o enfermedad, tanto infecciosa como no infecciosa. [19]

Otra aportación de particular relevancia es la *transmisibilidad* propuesta por Giovanna Miritello, quien estudió el comportamiento de los patrones temporales en la comunicación humana. Consideró que el intercambio de información es por medio de ráfagas y basándose en el modelo *SIR* (Susceptible-Infectado-Recuperado), un modelo de redes especializado en epidemiología, definió la transmisibilidad τ_{ij} como la probabilidad de que la información sea transmitida del usuario i al usuario j . Estos planteamientos permiten crear modelos que se apeguen más a la realidad, y redefinen ciertos conceptos cuando se considera el tiempo [20].

3.3. Servicios de medios sociales

Actualmente, cuando se menciona el término red social, se piensa inmediatamente en los *servicios de medios sociales en línea* (de ahora en adelante, *medios sociales*); tales como Youtube, Facebook, Twitter, Snapchat, Google+ o Pinterest, entre muchos otros. Los servicios sociales han tenido un papel crucial para el desarrollo de las redes sociales en los últimos años, haciendo posible la comunicación entre personas sin importar su ubicación geográfica, fomentando la creación de grupos y creando un espacio ideal donde se puede estudiar el esparcimiento de información y la influencia.

Como consecuencia de esto, los medios sociales están estrechamente relacionadas con la influencia musical y cómo se publicita un artista, ya que permiten tener publicidad barata con un alcance mayor a comparación de antes. Aunado a esto, cualquier persona puede escuchar, difundir o incluso estudiar un poco de música con sólo una consulta rápida en el buscador, cuando en el pasado el impacto de una banda estaba limitado por su ubicación geográfica y sus recursos económicos.

No cabe duda de que la invención de la Internet y los servicios sociales han revolucionado la forma en la cual se accede a la música y se esparce la influencia, tanto ha sido su impacto que hoy en día existen sitios pensados y diseñados exclusivamente para músicos. Por ejemplo, *www.reverbnation.com*, un sitio enfocado en la asociación de músicos con festivales, marcas, fans, sellos discográficos y managers; o *www.kompoz.com/music/*, una red social dedicada exclusivamente a la colaboración entre músicos, donde se comparten ideas y se consiguen músicos de todo el mundo a fin de desarrollar, compartir y crear proyectos. [15]

A causa de la importancia de los medios sociales en el ambiente artístico, sería necesario considerar el impacto de la Internet para modelar una red social de músicos recientes. Sin embargo, como esta tesis está enfocada en artistas cuya carrera musical comenzó mucho antes que el auge o incluso que la invención de la Internet, sus interacciones sociales e influencias importantes se dieron en un ambiente *offline*, de tal forma que la red de este trabajo será construida sin considerar los servicios sociales de cada artista.

Capítulo 4

Metodología

En este capítulo se explican los pasos que se siguieron para la modelación de la red, los límites que se consideraron, se especifican las fuentes de dónde se obtuvieron los datos y se justifican las decisiones tomadas.

4.1. Modelación de la red

Para mejorar la comprensión de la metodología, se recuerda que el objetivo de este trabajo es construir una red donde los actores sean músicos asociados con el género Rock, para luego encontrar al guitarrista más influyente de la misma. De tal forma que, se definieron los siguientes puntos para la modelación de la red:

1. Redes ego: A fin de determinar al guitarrista más influyente, se construyeron redes ego de guitarristas que hubieran aportado obras de Rock de acuerdo con la base de datos de *Allmusic* [60]. Los egos fueron extraídos del artículo *Top 100 Greatest Guitarists* de la revista *Rolling Stone* [24], se eligieron a los primeros 10 y filtrando a aquellos que no aportaron alguna obra para el género, por ejemplo. B.B. King.

Además, debido a que se buscaba encontrar al guitarrista más influyente entre músicos y no necesariamente al más famoso, más exitoso o más habilidoso; se agregaron tres egos más: Joe Satriani, Steve Vai y Brian May. La razón de lo anterior es que Satriani y Vai son músicos muy respetados y frecuentemente mencionados en sitios creados por músicos para músicos [31,32]. Por su parte, *Queen*, banda donde Brian May es guitarrista, se considera una de las más importantes del Rock y es citada por muchos músicos como influencia [33-35]. En el Cuadro 4.1 se puede apreciar la lista de egos que se utilizó para la modelación de la red.

2. Tiempo: Se decidió establecer un periodo en el cual cada ego considerado aportó música para el género. Debido a que Chuck Berry es el ego más viejo, se delimitó el periodo de 1953 al 2018.

Cuadro 4.1: Lista de músicos considerados como egos.

Ego	Proyectos relevantes	Nacionalidad	Año de inicio	Estado
Chuck Berry	Sir John Trio	Estadounidense	1953	Fallecido
George Harrison	The Beatles	Británica	1957	Fallecido
Keith Richards	The Rolling Stones	Británica	1962	Vivo
Eric Clapton	Cream, The Yardbirds y Solista	Británica	1963, 1966 y, 1970	Vivo
Pete Townshend	The Who	Británica	1964	Vivo
Jimi Hendrix	The Jimi Hendrix Experience	Estadounidense	1966	Fallecido
Jeff Beck	The Jeff Beck Group	Británica	1967	Vivo
Jimi Page	Led Zeppelin	Británica	1968	Vivo
Duane Allman	The Allman Brothers Band	Estadounidense	1969	Fallecido
Brian May	Queen	Británica	1970	Vivo
Eddie Van Halen	Van Halen	Holandesa	1972	Vivo
Steve Vai	Solista	Estadounidense	1984	Vivo
Joe Satriani	Solista, Deep Purple y Chickenfood	Estadounidense	1987, 1993 y, 2008	Vivo

3. Vínculos: Los vínculos de cada red ego se sustituyeron por relaciones específicas, además, se le asoció un valor diferente a cada relación. A continuación se presenta la clasificación:

-
- Colaboración: Cuando un músico colaboró en un disco de estudio con otro. Debido a que el intercambio de información va de un artista a otro y de regreso, el vínculo se determinó bidirigido. En este rubro no se tomaron las colaboraciones de covers debido a que no son trabajos originales, tampoco se consideraron álbumes recopilatorios, ya que sólo repiten información obtenida del álbum original. Se le asoció el valor de dos. Cabe recalcar que las colaboraciones no necesariamente tienen que ser con músicos que toquen los mismos instrumentos.
- Maestro-alumno: Cuando un músico le enseñó a otro. Dado que la mayor parte de la información va hacia el discípulo, este vínculo representó con una flecha de salida. Se le asoció el valor de tres.

Cabe mencionar que los valores asociados a los vínculos de la red no representan la cantidad de información que pasa en cada arco, pues sería osado aventurarse a cuantificar la información en una red de esta naturaleza. Dichos valores fueron escogidos con el único objetivo distinguir el tipo de interacción que cada arco representa.

La red entera se formó conectando a las redes ego por medio de los vecinos en común y sus interacciones, por ejemplo, la red de Satriani tiene a Hendrix con la relación de oído y a Kirk Hammett con el nexo de maestro-alumno.

Cuadro 4.2: Síntesis de tipos de interacciones en la red.

Interacción	Definición
De oído	Cuando un músico cita en una entrevista o autobiografía haber sido influido por escuchar las obras de otro músico.
Colaboraciones	Cuando un músico colaboró en un disco de estudio con otro.
Maestro-alumno	Cuando un músico fungió como maestro de otro.

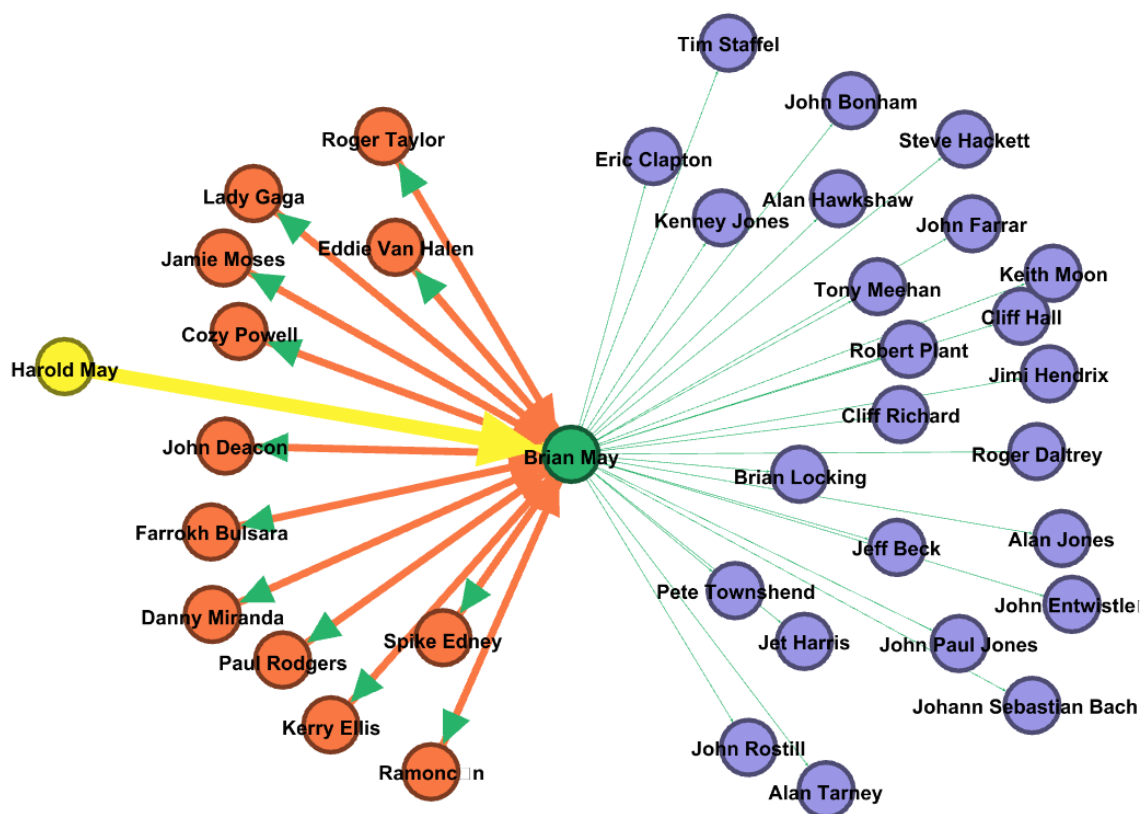


Figura 4.1: Red ego de Brian May, a de morado sus influencias de oído, de naranja sus colaboradores y de amarillo su padre y maestro Harold May

4.2. Utilización de software

A través de *Gephi* [61], software especializado en visualización y análisis de redes, fue posible manipular la red a fin de observar tendencias posibles, filtrar los diferentes tipos de relación para el análisis visual y calcular la centralidad de grado. Adicionalmente, se analizó la red con el software estadístico *R* [62], con el cual se graficaron las distribuciones de grado, se calculó la modularidad y la centralidad de vector propio.

4.3. Obtención de datos

La información para establecer las relaciones de oído y de maestro-alumno se obtuvieron de entrevistas consultadas en las páginas web especializadas en periodismo musical, en particular *Loudersound* [63] y *Rollingstone* [64]; además, se consideró la información de la página web oficial de cada ego. Por otra parte, la información referente a colaboraciones entre músicos se obtuvo de *typeitAllmusic* [65]; la base de datos en línea más grande dedicada completamente a la música, que cuenta con información de más de tres millones de discos, desde reseñas o artículos hasta pequeñas extracciones de canciones, incluso se pueden consultar las colaboraciones en discos [23].

Capítulo 5

Análisis, visualización y resultados

En este capítulo se analiza la red social musical, tanto de forma visual como matemática, fijándose en diferentes tipos de vínculos, también se calculan e interpretan métricas relevantes para el objetivo de este trabajo.

5.1. Visualización

En muchas ocasiones, trabajar con redes permite tener una visualización del modelo construido, dicha visualización puede sugerir características interesantes de la red en cuestión, estas particularidades, por supuesto, deben de ser comprobadas con la formalidad correspondiente. A continuación se estudiará la red social musical de una manera visual e intuitiva:

La red social musical se puede apreciar en la Figura 5.1; se puede observar que la red tiene una tendencia disortativa, algo inesperado si se recuerda qué está modelando, dado que la mayoría de las redes sociales tienden a ser asortativas debido a la preferencia de enlace y la homofilia [40]. Usualmente, los actores con cierta fama tienden a conectarse con otros con su misma popularidad; un ejemplo claro es la amistad, los extrovertidos tienden a entablar relaciones con personas atrevidas y con muchas relaciones sociales, por el contrario, los introvertidos se sienten más cómodos siendo amigos de personas tímidas y con pocas relaciones. Por supuesto, se ve la dirección en los arcos y diferencias en el tipo de interacción que representan, señalado por el grosor de los arcos.

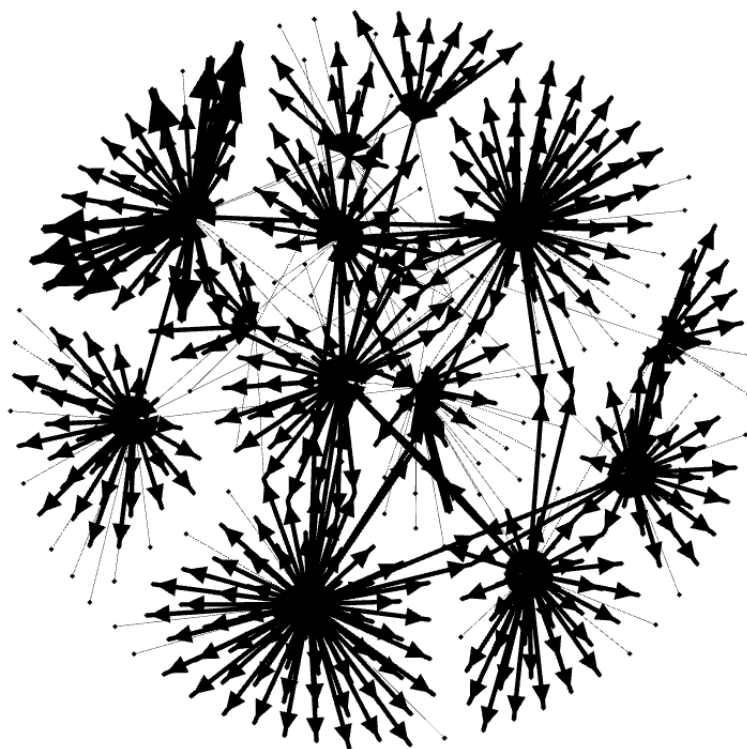


Figura 5.1: La red social musical

5.2. Análisis y resultados

Entendido el contexto, metodología y tendencias posibles de la red es momento de analizarla con mayor formalidad, esto se hará en dos fases: en la primera se estudiará la red considerando solamente ciertos tipos de vínculos, el criterio para determinar qué vínculos utilizar fue por interacciones, se estudió la red de interacciones de oído y luego la red de interacciones de colaboración, la red de interacciones maestro-alumno no fue estudiada pues se consideró de tamaño muy bajo; en la segunda fase se examinará la red con todos sus vínculos. En ambas fases se calcularán e interpretarán métricas distintas que permitirán observar tendencias y vislumbrar posibles influencias.

5.2.1. Primera fase

En esta etapa se analizará la red únicamente con ciertos tipos de interacciones, es decir, sólo con las interacciones de oído la red se divide en dos componentes, uno con la mayoría de músicos de la lista y otro aislado con George Harrison y algunos de sus *alters*, como se puede observar en la Figura 5.2. Esto podría ser debido a que los proyectos importantes de la mayoría de guitarristas listados fueron posteriores a *The Beatles*, banda donde George Harrison era guitarrista, de tal forma que la oferta musical que tuvieron los egos más contemporáneos a Harrison era muy diferente a la que él tuvo; el único ego anterior a Harrison es Chuck Berry, sin embargo, no tienen influencias de oído en común. Lo anterior se podría explicar debido a que dichos músicos vivían en continentes diferentes, y dado que para la década de los ochentas la Internet aún era una tecnología poco desarrollada y conocida [86], no estaba disponible en masa para el auge de ambos guitarristas, (correspondiente a la década de los sesentas), de tal manera que la música disponible para ellos tuvo que haber sido distinta.

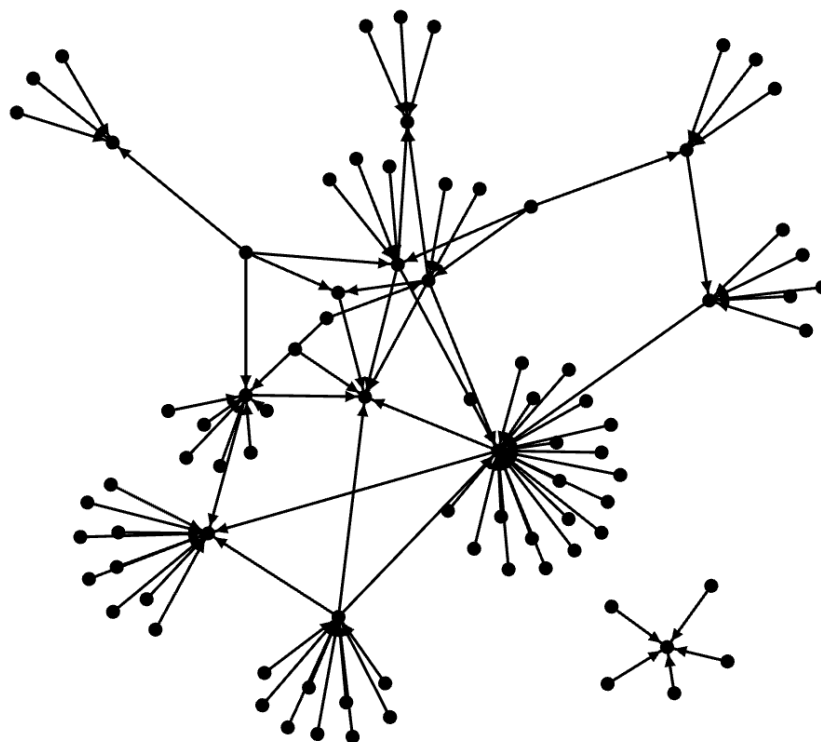


Figura 5.2: Red con relaciones de oído únicamente, componente aislado de George Harrison.

Por otra parte, llama la atención que ninguno de los guitarristas listados mencionó a The Beatles como una influencia de oído particularmente importante, cuando muchos estudiosos, periodistas y entusiastas concuerdan que The Beatles tuvo un impacto considerable e indiscutible en la música contemporánea [25-27]. Lo anterior sugiere que, con base en lo incuestionable de su influencia, es posible que dicha banda haya influido a músicos ausentes en la red que se conectan con músicos incluidos en la red, en otras palabras, su influencia fuera transitiva, es decir, de manera indirecta.

Ahora bien, en cuanto a las métricas, la centralidad de grado resulta ser importante en esta fase, pues obtuvo información relevante para el objetivo de este trabajo. Se obtendrán dos cantidades, una correspondiente a la centralidad de grado interior, que se aprecia en la Figura 5.3, y otra correspondiente a la centralidad de grado exterior, la cual se observa en la Figura 5.4. La primera ofreció información sobre qué músicos han escuchado a más artistas y la segunda mostró a los músicos más escuchados dentro de la red.

En el Cuadro 5.1 se puede observar cuáles músicos han sido influidos por la mayor cantidad de artistas, en cuanto a la interacción de oído se refiere. Es interesante ver que Brian May y Steve Vai estén a la cabeza de la lista, ya que son guitarristas reconocidos por su creatividad; Queen, banda donde Bryan May participa, tiene sonidos muy particulares e incluso se puede apreciar en su música una clara influencia de música clásica [37-38], algo raro en el género del Rock. Por su parte, en la música de Steve Vai se pueden apreciar sonidos muy característicos, escalas exóticas y ritmos de géneros variados [31,36].

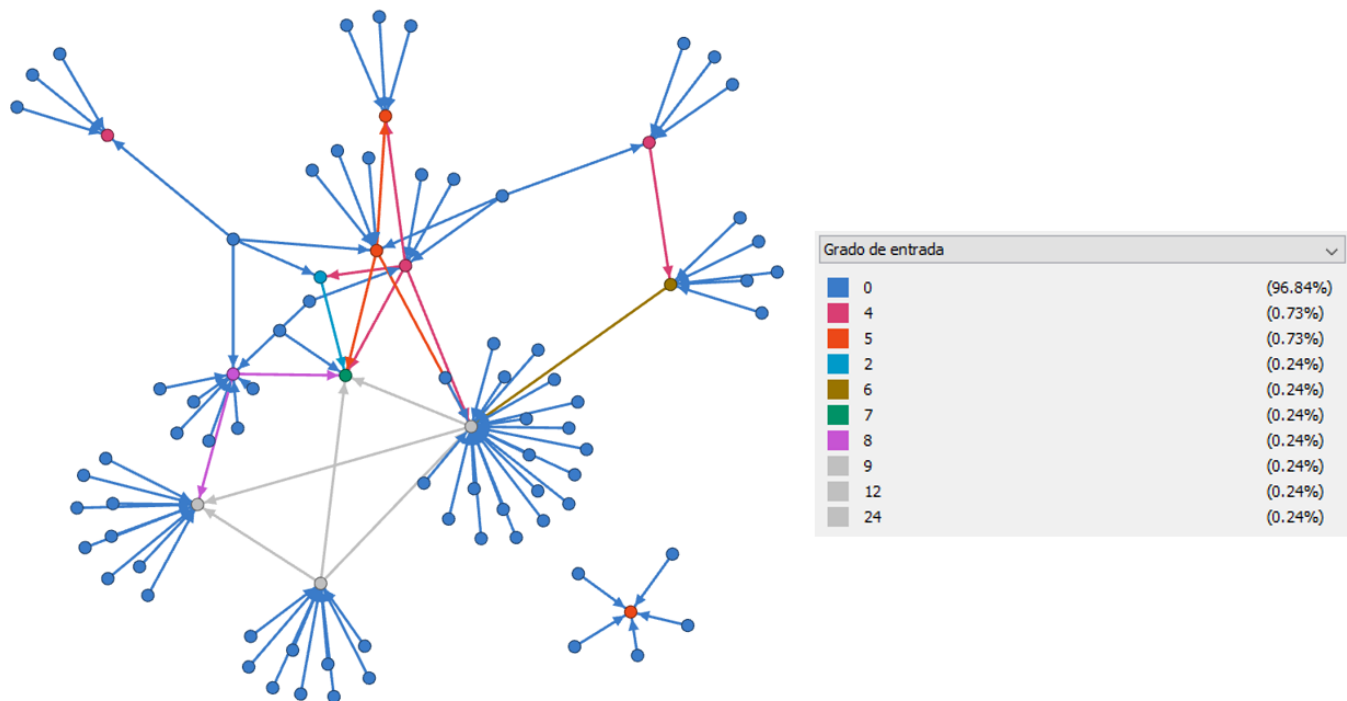


Figura 5.3: Visualización de la centralidad de grado de entrada, los colores mostrados en la tabla corresponden a los nodos.

Cuadro 5.1: Lista de los 10 músicos que más artistas escucharon dentro de la red.

Músico	Grado de entrada
Brian May	24
Steve Vai	12
Jeff Beck	9
Jimmy Page	8
Joe Satriani	7
Pete Townshed	6
Jimi Hendrix	5
Eddie Van Halen	5
George Harrison	5
Eric Clapton	4

Cuadro 5.2: Lista de los 10 músicos que más artistas han escuchado dentro de la red.

Músico	Grado de salida
Eric Clapton	4
B.B King	4
Jeff Beck	3
Jimmi Hendrix	3
Muddy Waters	3
Brian May	2
Jimi Page	2
Buddy Guy	2
Pete Townshend	1

Respecto al Cuadro 5.2, se observa que la centralidad difiere poco entre los músicos listados. Sin embargo, la información es muy interesante, en primer lugar se encuentra B.B King junto con Eric Clapton, le sigue Jeff Beck, Jimi Hendrix y Muddy Waters. Estos guitarristas, se dedicaron al *Blues* o fueron profundamente influenciados por éste [41]. Lo anterior tiene sentido con la realidad si se considera que, según muchos estudiosos y entusiastas de la música, el Blues tiene una influencia contundente e indiscutible en el Rock [28-30].

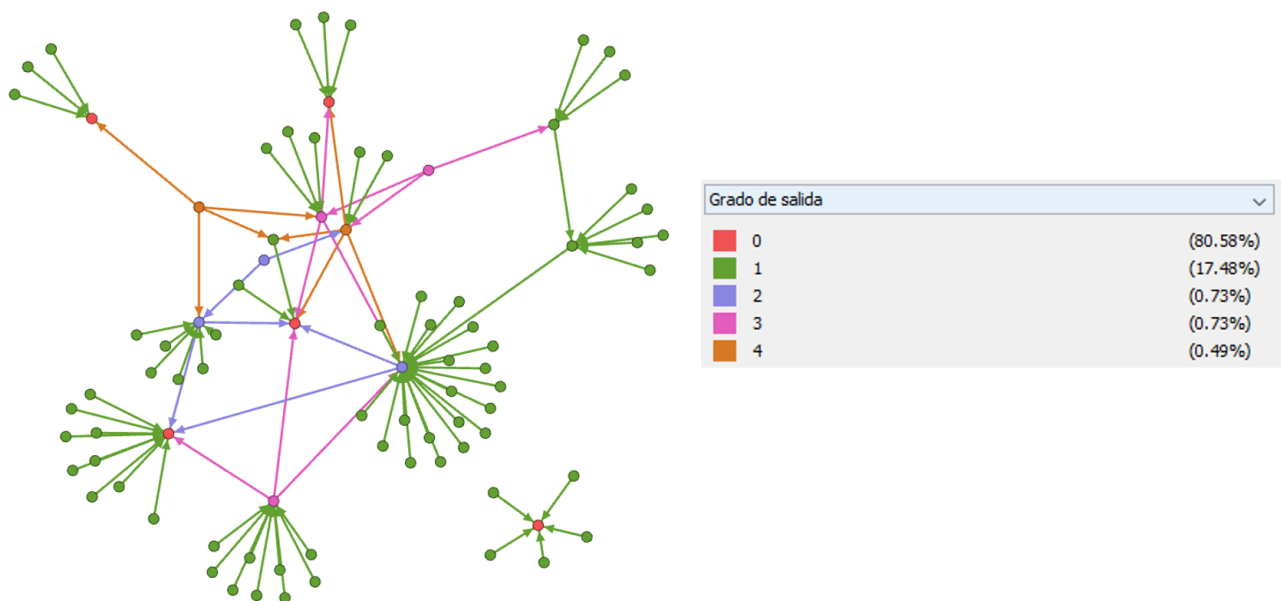


Figura 5.4: Visualización de la centralidad de grado de salida.

Por otro lado, en la Figura 5.5 se puede apreciar la red con los vínculos de colaboraciones. Salta a la vista un componente aislado, que podría llevar a pensar que el género asociado a los músicos pertenecientes al componente aislado difiere mucho del asociado a músicos del componente más grande. Sin embargo, si se analizan a los músicos del componente aislado resulta que lo anterior no es cierto, ya que el componente aislado es un subconjunto de la red ego de Hendrix, guitarrista conocido por sus aportaciones en los

géneros del Blues y Rock, al igual que Clapton, guitarrista perteneciente al componente más grande [39]. Podría haber varias razones por las cuales se aísla este componente, por ejemplo, es posible que la muerte temprana de Hendrix haya mermado el número de colaboraciones en su carrera, de igual forma, la segregación racial en Estados Unidos y la ausencia de Internet pudieron haber limitado el número de músicos con los cuales buscar cooperaciones de trabajo.

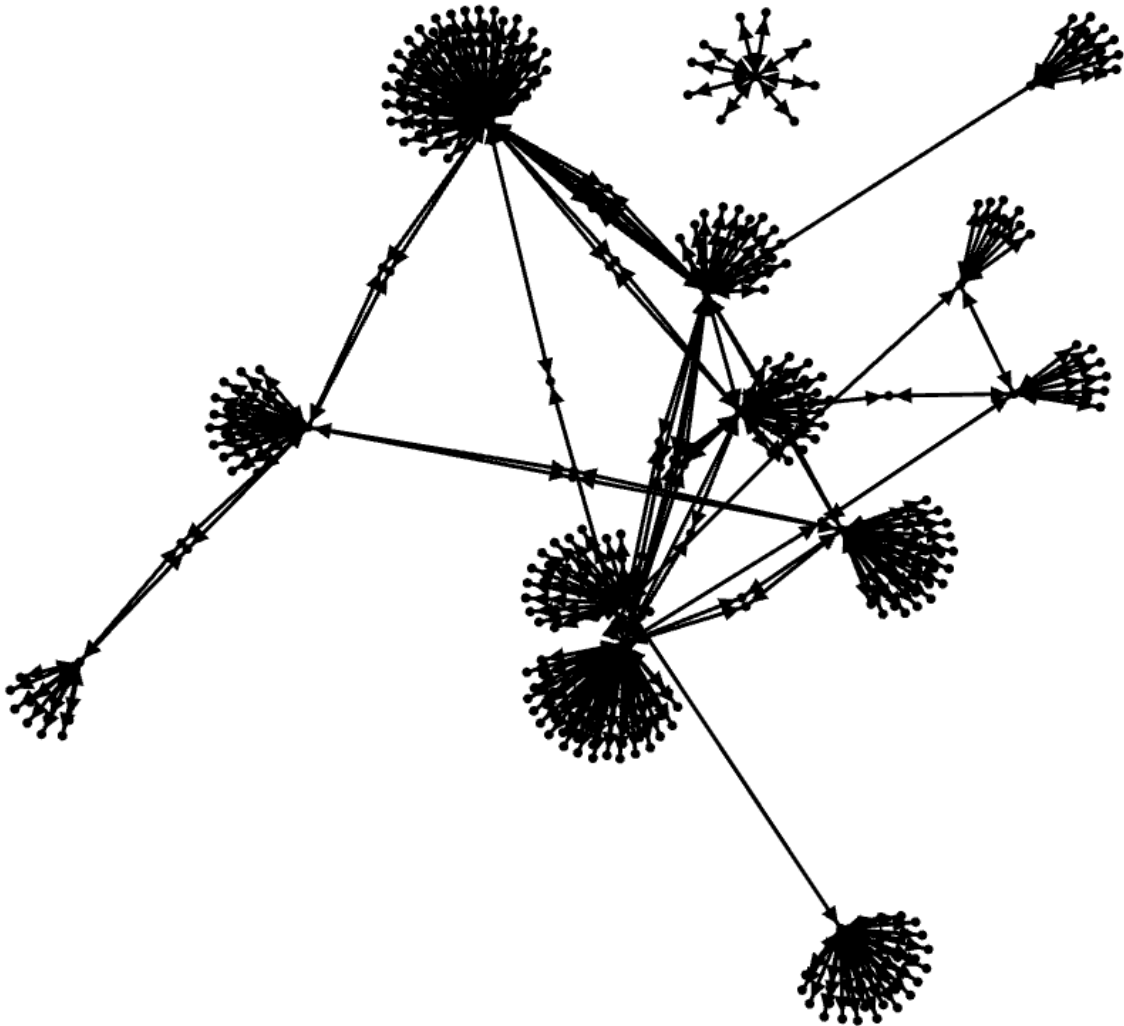


Figura 5.5: Red con vínculos de colaboración, componente aislado de Jimi Hendrix.

Si se analiza la red únicamente con los vínculos de colaboración se obtiene información valiosa con la centralidad de grado y el grado de cercanía, ilustradas en las Figuras 5.6 y 5.7, respectivamente. La primera ofrece información sobre la popularidad y participación de varios guitarristas dentro de la red, la segunda ayuda a ver qué músico se encuentra en mejor condición para contactar a cualquier otro. Un alto grado de cercanía otorga una posición ventajosa para poder contactar músicos para colaborar en un futuro, para esta última se decidió no tomar en cuenta a Jimi Hendrix debido a que, al estar en un componente aislado, no aporta suficiente información. Cabe mencionar que dentro de la red de colaboraciones, Jimi Hendrix es el único caso aislado.

Cuadro 5.3: Lista de los 10 guitarristas que colaboraron con más músicos en la red.

Músico	Grado
George Harrison	69
Jeff Beck	56
Eric Clapton	36
Pete Townshend	35
Joe Satriani	33
Steve Vai	33
Keith Richardse	28
Jimmi Page	28
Chuck Berry	12
Brian May	12

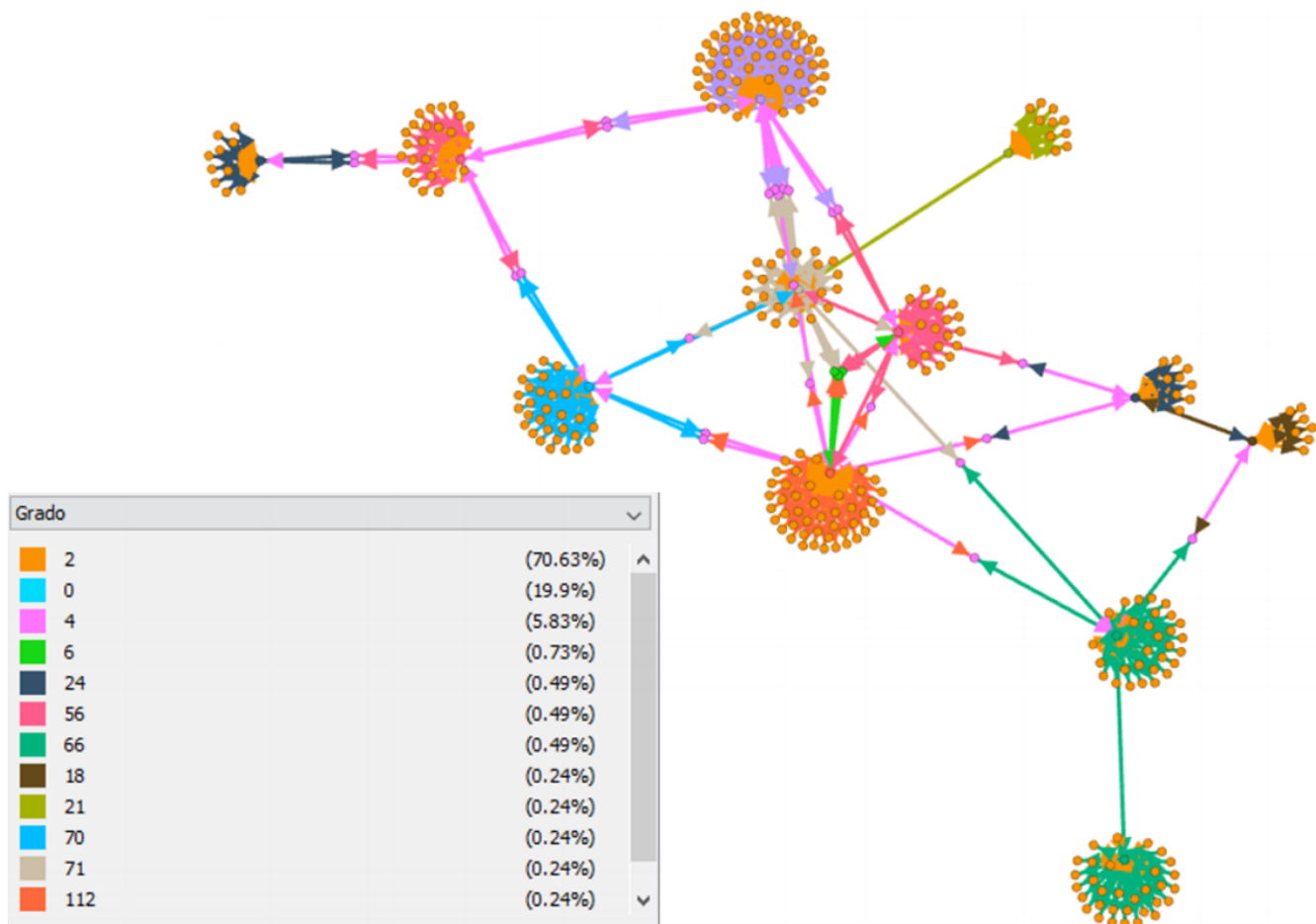


Figura 5.6: Visualización de la centralidad de grado.

Closeness Centrality		
0.0		(19.9%)
0.2523809523809524		(14.08%)
0.2517814726840855		(10.92%)
0.19007770472205618		(7.77%)
0.223943661971831		(7.04%)
0.24018126888217523		(7.04%)
0.18962432915921287		(5.34%)
0.2663316582914573		(5.1%)
0.23963828183873398		(4.61%)
0.14027348919276578		(2.43%)
0.21447196870925683		(2.43%)
0.18629173989455183		(2.18%)
0.1692389568919638		(1.7%)
0.2906764168190128		(1.21%)
0.301994301994302		(0.73%)
0.19214501510574017		(0.49%)
0.2548076923076923		(0.49%)
0.2685810810810811		(0.49%)
0.2821650399290151		(0.49%)
0.28988149498632637		(0.49%)
0.16307692307692306		(0.24%)
0.20358514724711907		(0.24%)
0.22877697841726619		(0.24%)
0.23026792179580013		(0.24%)
0.2338235294117647		(0.24%)
0.2345132743362832		(0.24%)
0.2468944099378882		(0.24%)
0.2595918367346939		(0.24%)
0.2625928984310487		(0.24%)
0.2728026533996683		(0.24%)
0.2826666666666667		(0.24%)
0.28291814946619215		(0.24%)
0.2883046237533998		(0.24%)
0.2955390334572491		(0.24%)
0.30343511450381677		(0.24%)
0.30784123910939015		(0.24%)
0.31485148514851485		(0.24%)
0.3157894736842105		(0.24%)
0.3361522198731501		(0.24%)
0.3372216330858961		(0.24%)
0.36259977194982895		(0.24%)

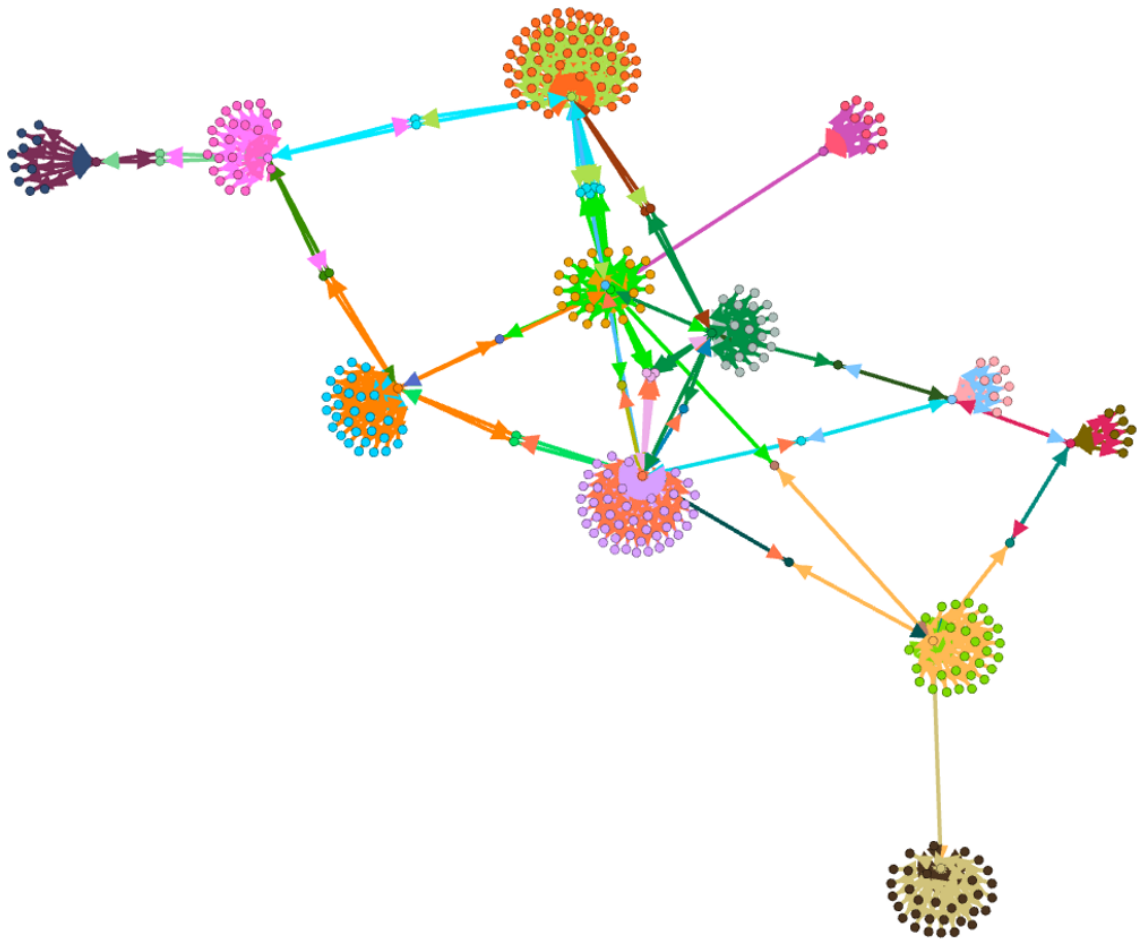


Figura 5.7: Visualización de la centralidad de cercanía

Cuadro 5.4: Lista de los 10 músicos con mayor grado de cercanía.

Músico	Centralidad de cercanía
Eric Clapton	0.3626
George Harrison	0.337222
Jeff Beck	0.336152
Pete Townshend	0.315789
Jimmi Page	0.314851
Nicky Hopkins	0.30784
Nathan East	0.30343
Keith Relf	0.30199
Chris Dreja	0.30199
Jim McCarty	0.30199

A la red con vínculos de colaboración sólo se le calculará una centralidad de grado, la razón de lo anterior es que al trabajar con vínculos bidireccionales, la centralidad de grado de entrada y de salida es la misma. Se puede apreciar en el Cuadro 5.3 a los 10 guitarristas con mayor centralidad de grado, o bien, a los 10 guitarristas que han colaborado con más músicos. A la cabeza se encuentra George Harrison, resultado que no debe de sorprender demasiado, ya que resultaría natural que muchos músicos se interesaran en colaborar con el guitarrista de la banda que revolucionó la música contemporánea, y además, fue una de las bandas más exitosas de la historia [33-36].

En segundo lugar se encuentra Jeff Beck, guitarrista que tocó en el grupo de *The Yardbirds*, donde también tocó Eric Clapton y Jimmy Page [44], quienes se encuentran en cuarto y noveno lugar en el Cuadro 5.3. Una razón factible podría ser que Jeff Beck se caracteriza por incurrir en diferentes géneros, dando como resultado que colabore con una mayor cantidad de músicos, en cambio, tanto Clapton como Page se enfocaron en mayor o en menor medida en un solo género, lo cual limita el número de sus colaboraciones.

En el Cuadro 5.4 se pueden apreciar a los 10 músicos con mayor grado de cercanía de la red, llama la atención encontrar a músicos que ni son egos ni son guitarristas, por ejemplo Nicky Hopkins, quien era pianista y es alter de Harrison y de Beck. Esto parece indicar que, al menos en esta red, ser alter o estar cerca de hubs otorga una ventaja competitiva cuando se busca contactar a otro músico dentro de la red, pues Harrison y Beck terminaron siendo los hubs de la red.

De igual forma, es de interés observar que Eric Clapton encabeza este rubro, pues concuerda con la tendencia planteada en el párrafo anterior, ya que él es alter de Harrison y de Page, y por su parte, Page es alter de Beck, posicionando a Clapton cerca de otro hub. Aunado a esto, si se recuerda el Cuadro 5.3, Clapton quedó en tercer lugar justo debajo de los dos hubs principales, de ahí que se encuentre en la posición más privilegiada para contactar a otros músicos y, posiblemente, formar nuevos conjuntos.

5.2.2. Segunda fase

En esta etapa se analizarán ciertas métricas y gráficas considerando la red con todas las interacciones, es decir, con todos los vínculos. Debido a que la red es dirigida, se mostrará la distribución de grado de entrada y de salida, a continuación se analizarán a fin de dar una idea general de cómo es la red. Las distribuciones de grado son las siguientes:

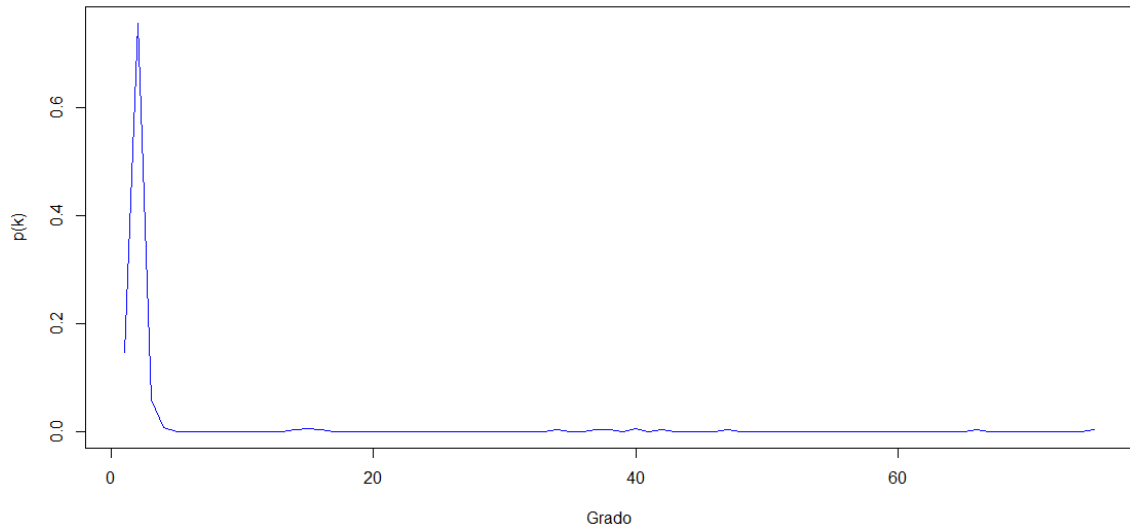


Figura 5.8: Distribución de grado de entrada

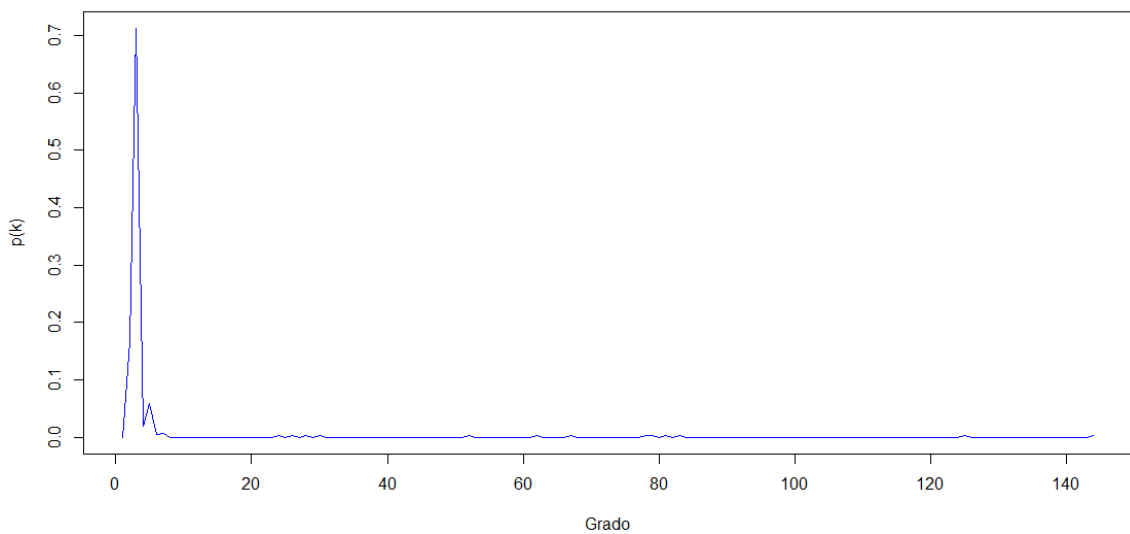


Figura 5.9: Distribución de grado de salida

Cuadro 5.5: Lista de los 10 músicos con mayor coeficiente de clustering local.

Músico	Coeficiente de clustering local
Keith Relf	0.666666687
Chris Dreja	0.666666687
Jim McCarty	0.666666687
Jack Bruce	0.5
Kenney Jones	0.5
Roger Daltrey	0.5
Jerry Velez	0.5
B.B. King	0.200000003
Jimi Page	0.018518519
Eric Clapton	0.014285714

Como se puede observar en las Figuras 5.8 y 5.9, las distribuciones de grado indican una clara tendencia heterogénea en la red, es decir, hay nodos con un alto grado o hubs y otros con bajo grado, tanto en la distribución de entrada como de salida. Esto se podría explicar debido a que en el mundo musical, siempre hay pocos músicos muy famosos y populares entre los mismos músicos.

Densidad

La densidad tiene particular relevancia en esta red, ya que puede sugerir competitividad o cooperación. La densidad de la red es de 0.004967, una densidad muy baja que indica una alta tendencia competitiva. Sería interesante preguntarse si hay grupos de apoyo dentro de este sistema ya que, de manera similar al ejemplo de los futbolistas en la sección 2.8 Densidad y Comunidades (Capítulo 2-Marco Teórico), se necesita de un clustering local alto para crear comunidades bien conectadas [78].

Coeficiente de clustering

A fin de buscar grupos de apoyo, se calculó el coeficiente de clustering local para cada nodo, en el Cuadro 5.5 se observan los 10 coeficientes de clustering local más altos de la red. Es muy interesante notar que los tres primeros músicos coinciden en ser alters y pertenecer al grupo The Yardbirds, lo que sugiere un coeficiente de clustering local alto en comunidades, es decir, creación de grupos de apoyo. De tal forma que, considerando que la densidad es baja y que existen grupos de apoyo, se puede inferir una tendencia competitiva entre grupos dentro de la red. Dicha tendencia no debería de sorprender, pues la competencia es esperada cuando muchos grupos buscan un objetivo en común que no todos pueden conseguir.

Modularidad

Ahora que se sabe que hay comunidades dentro de la red, es momento de estudiarlas, para ello se plantean las siguientes preguntas: ¿Cuántas comunidades hay en esta red?, ¿cómo son dichas comunidades? y ¿qué caracteriza a cada comunidad? Para responderlas se puede calcular la modularidad, métrica que mide la fuerza de división de una red en

comunidades; el cálculo de la misma en esta red es de 0.77, una modularidad muy alta que sugiere una fuerte inclinación a generar comunidades. Entonces, es esperado encontrar esta tendencia ya que en el ambiente musical, y sobretodo en el Rock, es muy común que los músicos creen conjuntos musicales para competir con el resto de grupos.

Intuitivamente, en el análisis de modularidad se esperaría encontrar que los módulos correspondiesen a diferentes estilos dentro del Rock, dado que artistas del mismo estilo suelen relacionarse en función de alguna de las interacciones planteadas en la red. Ahora bien, ¿qué información aportan estas comunidades? De acuerdo con el algoritmo de detección de comunidades en Gephi [79], el cual maximiza la modularidad en función de diferentes particiones de la red, se forman un total de 12 comunidades clasificadas en el Cuadro 5.6, donde también se muestran a los músicos importantes que tiene cada comunidad, los géneros con los cuales se les relaciona y la fecha de inicio de sus carreras, además, cuenta con los colores que corresponden a cada comunidad en la Figura 5.10.

En el Cuadro 5.6 se observa que, a excepción del módulo 3, éstos se dividen en función de corrientes artísticas populares en su momento; es decir, muestra que las comunidades se formaron de acuerdo a los cambios que el Rock tuvo con el paso del tiempo, incluso cuando esta característica no se consideró para la modelación de la red. A pesar de que se tienen actores antiguos vinculados con otros más actuales, el algoritmo parece detectar diferentes épocas del Rock, e incluso géneros y subgéneros relacionados con éste; algunos con más éxito que otros.

A partir de la comunidad cinco, se nota un cambio en los géneros relacionados y el estilo de cada músico, pues se mencionan por primera vez géneros más viejos tales como el *Jazz* y *Blues*. Además, en estas comunidades están músicos cuya carrera, en general, comenzó mucho antes que la de otros, de tal forma que su estilo difiere con el de los músicos más modernos.

Una razón para lo anterior podría ser que los arcos que representan colaboraciones conforman la inmensa mayoría de vínculos, ya que ascienden a un 87.38% del total de los vínculos. Dado que es mucho más probable encontrar colaboraciones entre músicos de una misma época que colaboraciones entre músicos de diferentes épocas, es natural que los módulos se formen con músicos de una misma corriente. Por ejemplo la comunidad 12, donde se encuentra Chuck Berry, Nat King Cole y Keith Richards, todos reconocidos como exponentes del Blues.

Cabe aclarar que el algoritmo determina los módulos sin actores en común, sin embargo, esto no implica que los módulos sean absolutamente distintos entre sí, ya que, si bien no comparten actores, es posible que compartan influencias o estilos. Por ejemplo, las comunidades 5, 7, 9, 10 y 12, en las cuales se observa que el Blues tuvo una relevancia fundamental entre sus músicos representativos, o el hecho de que *The Beatles* fue un grupo con una influencia considerable para toda la música contemporánea. No obstante, si se analiza cada comunidad, se podrán encontrar sutiles diferencias que distinguen a un módulo y otro. En los siguientes párrafos se analizarán a los módulos en función de los actores que caracterizan a cada comunidad.

En la comunidad 1 se encuentra Joe Satriani, maestro de varios otros guitarristas considerados en la red, entre ellos Hammett y Vai. Así las cosas, se esperaría que todos sus alumnos estuvieran en la misma comunidad, sin embargo no es así, Vai, actor en la comunidad 2, es el único pupilo de Satriani que no se encuentra incluido en la comunidad 1, una explicación posible sería que comparten escasos vínculos y no tienen ningún músico en común.

Luego, en la comunidad 3 se encuentra Brian May, junto con dos artistas atípicos para la red, Johann Sebastian Bach y Lady Gaga. Si bien estos artistas no dedicaron su carrera al género Rock, es muy interesante encontrarlos en la misma comunidad que Brian May; lo anterior podría sugerir que May funge como puente entre el Rock y otros géneros, como la Música Clásica y el Pop; además, ofrece una explicación del por qué May y Queen, banda de donde May es guitarrista, tiene un sonido tan único. En este caso particular, Bach fue listado como influencia de oído para May, y Gaga como colaboración en el sencillo *You and I* [47].

El algoritmo detectó, en la comunidad 4 a la familia Van Halen, donde se puede encontrar a Jan, Eddie, Alex y Wolfgang; padre, hijo, hermano y nieto, respectivamente, todos ellos músicos; este hallazgo no es sorpresa pues casi toda la carrera de Eddie ha estado relacionada con su familia, incluso este módulo es el que tiene menor número de miembros en toda la red. En el módulo 5 se encuentra Jimi Page junto con Buddy Guy, este último un guitarrista de suma importancia para el Blues y una influencia fundamental para guitarristas como Eric Clapton, Jimi Hendrix y por supuesto, Jimi Page.

En la comunidad 6 se encuentra Jeff Beck, guitarrista conocido por ser exponente de varios géneros, salta a la vista un músico de años atrás y de los pocos exponentes de Jazz en la red, Les Paul, guitarrista e inventor de la famosa y mundialmente conocida guitarra bautizada con su nombre [48]. Si se toma en cuenta la diversidad de géneros tocados por Beck, se explica la relación que tenía con Les Paul y otros músicos de géneros poco comunes en la red, y el hecho de que estos músicos formen una comunidad.

Después se ubica al módulo 7, el segundo módulo más pequeño y donde está Jimi Hendrix, Noel Redding, Mitch Mitchell y Billy Cox; estos músicos trabajaron toda su carrera en un grupo llamado *The Jimi Hendrix Experience* [66]; aquí también se puede encontrar a Muddy Waters, considerado el padre del *Chicago Blues* [67] y por ende, fuerte influencia para Hendrix. El hecho de que la comunidad 7 sea tan pequeña tiene que ver con las pocas colaboraciones que Hendrix tuvo a causa de, entre otras cosas, su corta carrera y la fuerte segregación racial de su país.

La comunidad 8 parece estar enfocada en sonidos más alternativos, con exponentes como Pete Townshend, guitarrista de *The Who* y David Gilmour, guitarra y voz de *Pink Floyd*, ambas bandas consideradas bandas revolucionarias y que experimentaron con sonidos y ritmos atípicos para el momento de su auge, además, estos dos guitarristas colaboraron en la banda *Deep End*. Más adelante, se puede apreciar que la comunidad 9 está profundamente influenciada por el Blues, ya que los dos músicos principales son B.B. King y Eric Clapton, ambos guitarristas muy respetados y considerados de los principales exponentes del Blues [50,51], de no ser por la participación de Clapton en bandas de Rock como *Cream* o *The Yardbirds*, este componente tendría a músicos sólo relacionados con Blues.

Cuadro 5.6: Clasificación de músicos en comunidades con géneros relacionados

Músico	Comunidad	Color	Géneros relacionados	Fecha de inicio
Joe Satriani Kirk Lee Hammett	1	Amarillo oscuro	Rock Instrumental Metal	1987 1982
Steve Vai	2	Azul marino	Rock Instrumental	1984
Brian May Johann Sebastian Bach Lady Gaga	3	Amarillo claro	Pop/Rock y Rock Música Clásica Pop	1970 1703 2008
Eddie Van Halen Alex Van Halen	4	Café	Pop/Rock y Rock	1972 1972
Buddy Guy Jimi Page	5	Rosa	Blues Rock	1965 1968
Jeff Beck Les Paul	6	Verde	Pop/Rock, Blues y Jazz	1967 1936
Jimi Hendrix Muddy Waters Noel Redding Mitch Mitchell Billy Cox	7	Azul claro	Blues y Rock	1966 1940 1966 1966 1966
Pete Townshend David Gilmour	8	Gris	Rock Alternativo	1964 1968
Eric Clapton B.B. King	9	Rojo	Blues y Rock	1963 1947
Gregg Allman Duane Allman	10	Negro	Rock y Blues	1971 1971
George Harrison John Lennon Paul McCartney Ringo Starr	11	Morado	Pop/Rock	1957 1957 1952 1952
Chuck Berry Nat King Cole Keith Richards	12	Naranja	Blues	1953 1963 1964

La comunidad 10 contiene a dos músicos que tuvieron una importancia fundamental para la creación de *The Allman Brothers Band*, banda con una profunda influencia en el Rock y conocidos como los creadores del *Rock sureño* [55], Gregg Allman y Duane Allman. El módulo 11 corresponde a George Harrison, y por ende, a todos los integrantes de la banda The Beatles y a los músicos que colaboraron posteriormente con Harrison. Era esperado que se hiciera una comunidad exclusiva para ellos debido a la gran cantidad de colaboraciones que George Harrison tuvo a lo largo de su carrera, consecuencia del éxito rotundo que The Beatles tuvo en su época.

Finalmente, es importante resumir que el algoritmo encontró las comunidades en función de diferentes etapas del Rock, diferentes géneros relacionados con éste e incluso diferenció entre subgéneros similares; un ejemplo concreto de esto último es la distinción entre Steve Vai y Joe Satriani, que si bien ambos tocan *Rock Instrumental*, tienen estilos y colaboraciones muy diferentes. También se nota una fuerte tendencia a marcar los módulos de

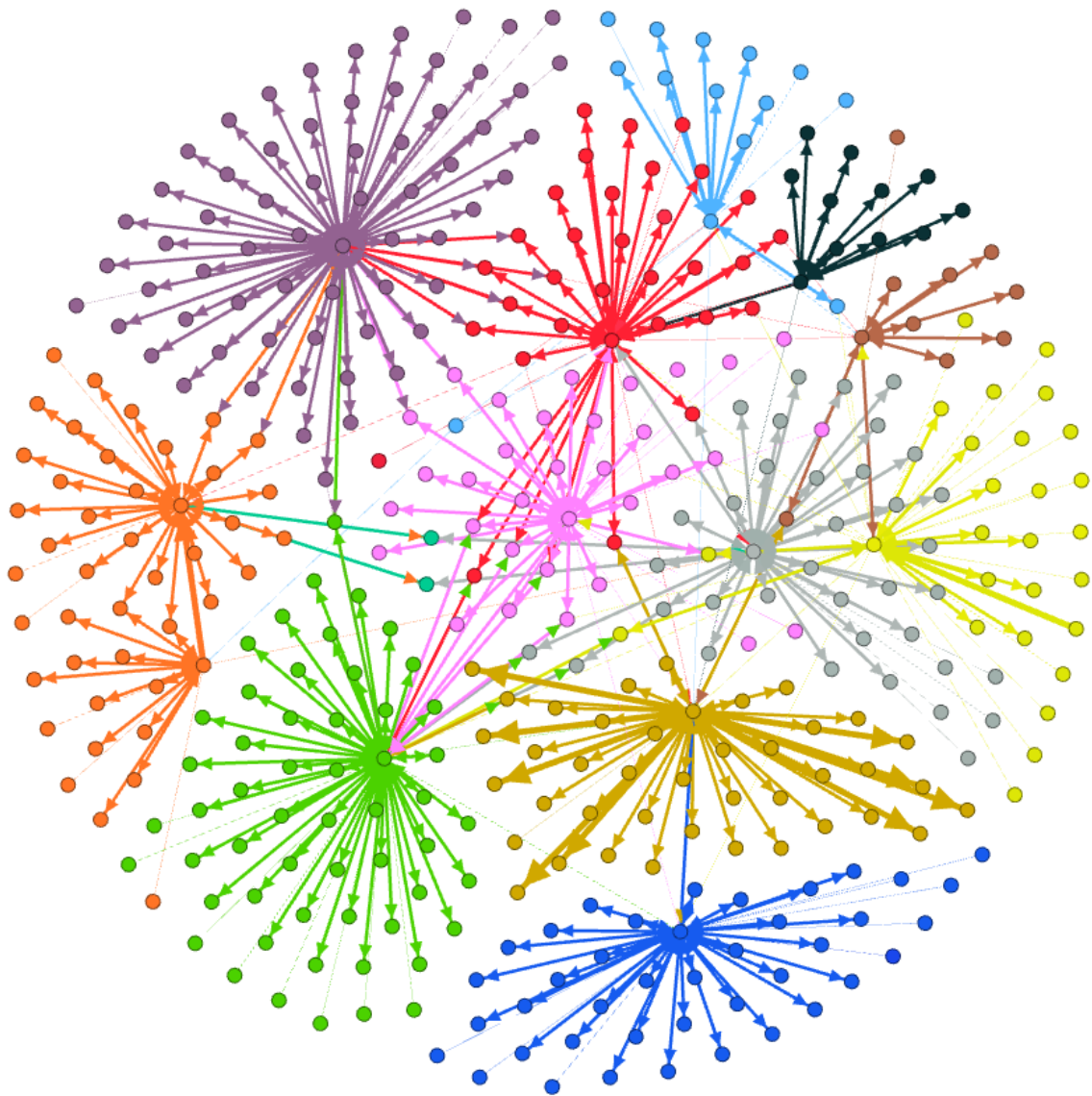


Figura 5.10: Visualización de modularidad

Cuadro 5.7: Lista de los 10 músicos con mayor centralidad intermedia.

Músico	Centralidad intermedia
Eric Clapton	63398.73874
George Harrison	46921.20455
Joe Satriani	40517.63452
Jeff Beck	39557.46667
Pete Townshned	31902.99719
Steve Vai	25552
Keith Richards	22503.93333
Jimi Page	20971.67013
Brian May	19203.58929
Eddie Van Halen	15149.50833

acuerdo a cada una de las redes ego, algo esperado considerando la modelación de la red; sin embargo, esto no fue siempre el caso, ya que el módulo 12 contiene a dos egos, Keith Richards y Chuck Berry.

Centralidad intermedia

Por otra parte, la centralidad intermedia puede brindar datos importantes sobre la red, ya que muestra qué actores han recibido la mayor cantidad de información, lo que hizo posible identificar a los músicos que más han influido al flujo de ideas dentro de esta red.

Ahora bien, es importante aclarar que si bien la centralidad intermedia clasificará a los actores más importantes para el funcionamiento de la red entera, no necesariamente mostrará a los actores más influyentes, debido a que recibir una gran cantidad de información no convierte al individuo en alguien que la genere y la esparce. En la Figura 5.11 se puede observar una visualización de la centralidad intermedia, en el Cuadro 5.7 se puede apreciar un ranking de los actores con mayor centralidad intermedia, éste muestra que los diez músicos con mayor centralidad intermedia corresponden exclusivamente a egos. Esto es un resultado esperado debido a la construcción de la red; al ser creada con muchas redes ego conectadas entre sí, sería casi imposible encontrar un alter con mayor centralidad intermedia que un ego.

Centralidad de vector propio

Si se considera la modelación de la red, la centralidad de vector propio indicará qué actores se encuentran mejor posicionados para difundir información, en otras palabras, qué músicos son los más influyentes dentro de la red. En el Cuadro 5.8 se puede apreciar a los diez primeros músicos con mayor centralidad de vector propio. Sin embargo, se busca a los diez guitarristas más influyentes dentro de la red, de tal forma que, si se eliminan a los músicos que no son guitarristas, la lista queda como el Cuadro 5.9.

George Harrison ocupa el primer lugar en la lista, resultado esperado y que tiene sentido con la realidad, considerando que es el ego que representa a The Beatles. Además, como se mencionó en la primera fase, muchos estudiosos consideran que tal agrupación tuvo

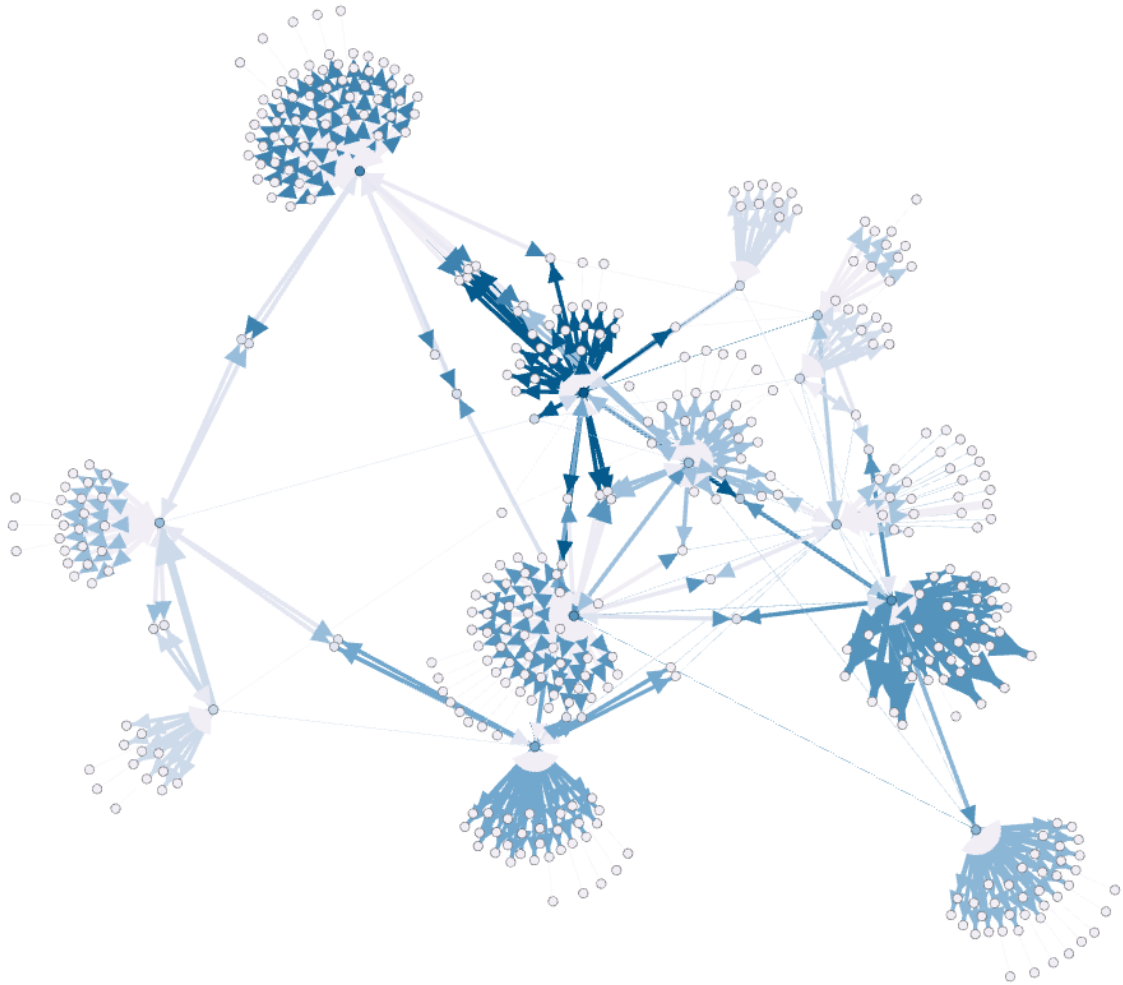


Figura 5.11: Visualización de la centralidad intermedia; a mayor oscuridad en el tono, mayor centralidad

Cuadro 5.8: Lista de los 10 músicos con mayor centralidad de vector propio.

Músico	Centralidad de vector propio
George Harrison	1
Eric Clapton	0.5850201
Jeff Beck	0.545724
Jimi Page	0.3631506
Joe Satriani	0.2425222
Ginger Baker	0.1827569
Pete Townshend	0.1823671
Steve Winwood	0.1782525
Bobby Whitlock	0.1782525
Carl Radle	0.1782525

Cuadro 5.9: Lista de los 10 guitarristas con mayor centralidad de vector propio.

Guitarrista	Centralidad de vector propio
George Harrison	1
Eric Clapton	0.5850201
Jeff Beck	0.545724
Jimi Page	0.3631506
Joe Satriani	0.2425222
Pete Townshend	0.1823671
Chris Dreja	0.1680045
Brian May	0.1669631
Steve Vai	0.1588595
Big Jim Sullivan	0.1533009

un impacto fundamental en la música contemporánea, y por ende, también en el Rock. Le sigue Eric Clapton, quien tampoco debería de ser una sorpresa, ya que es considerado como uno de los guitarristas más influyentes de todos los tiempos y que dedicó buena parte de su carrera al Blues [45], género que funge como pilar esencial para el Rock contemporáneo.

La lista continúa con Jeff Beck y Jimi Page, ambos fungieron como guitarristas en The Yardbirds al igual que Eric Clapton; llama mucho la atención que los tres guitarristas que le siguen a George Harrison sean de la misma agrupación y, aún más, que se encuentre Chris Dreja y Jim McCarty, alters y guitarristas de esa misma banda, dentro de la lista de los diez músicos más influyentes. Lo anterior podría implicar que dicha agrupación tuvo una importancia gigantesca para el Rock contemporáneo, ya que influyó a muchos músicos que comenzaron su carrera algunos años después.

En cambio, sí es una sorpresa encontrar a Joe Satriani en quinto lugar y a Steve Vai, su alumno, en décimo; a pesar de que ambos sean músicos muy respetados y reconocidos, no cuentan con una centralidad de vector propio muy elevada. Una razón podría ser porque su carrera ha sido corta en comparación a la de otros egos, por ejemplo Eric Clapton, quien lleva activo casi 23 años más que ellos. De tal forma que no sería prudente demeritar su influencia considerando que son los egos más jóvenes de la red.

A partir del sexto lugar comienzan las diferencias entre los Cuadros 5.8 y 5.9, en el 5.8 está Ginger Baker, baterista conocido por trabajar en la banda *Cream*, en la cual Clapton formó parte. Como es natural cuando se habla de centralidad de vector propio, el estar vinculado con alguien que tenga una centralidad elevada ayuda a la centralidad del colaborador, pues aquel actor que es vecino de alguno que se encuentre bien conectado, está en una mejor posición para esparcir información.

En el séptimo lugar del Cuadro 5.8 y sexto del Cuadro 5.9 se encuentra Pete Townshend, guitarrista de *The Who*. Dentro del cuadro 5.8 le sigue el cantante Steve Winwood, luego el pianista Bobby Whitlock y al final el bajista Carl Radle; estos dos últimos conocidos principalmente por su trabajo con *Derek and the Dominos*, grupo donde también Eric Clapton colaboró.

En el Cuadro 5.9, posterior a Pete Townshend está Chris Dreya, que a pesar de no ser un ego de la red, se encuentra arriba de otros que sí lo son; este hecho se le podría atribuir a su relación con Clapton, que como ya se mencionó, colaboraron juntos en The Yardbirds. Parece ser que Clapton tuvo un papel muy importante en aportar a la centralidad de vector propio de los músicos que colaboraron con él, lo cual tiene sentido si se considera su reputación en la vida real.

Le sigue Brian May, guitarrista de la legendaria banda Queen y un músico muy reconocido y respetado que ha tenido numerosas colaboraciones, no es ninguna sorpresa verlo entre los primeros 10 músicos más influyentes. Continúa en la lista Steve Vai, de quien ya se habló en los párrafos anteriores; sin embargo, vale la pena mencionar que, al ser un guitarrista tan importante para el Rock contemporáneo [52], es de esperarse que con el paso del tiempo y con la continuación de su carrera, en un futuro su centralidad de vector propio aumente.

Por último, es inesperado encontrar a un músico inglés poco reconocido pero muy importante, la referencia corresponde a Big Jim Sullivan, un guitarrista de sesión¹ que no tuvo un proyecto de mucha fama, no obstante se le atribuye la introducción de efectos utilizados en la actualidad tales como la *Fuzzbox*² y el *Talkbox*³. Además, al ser uno de los músicos de sesión más solicitados del Reino Unido en la década de 1960, colaboró en más de 1000 sencillos a lo largo de su carrera, sencillos que, por supuesto, fueron escuchados por músicos posteriores [53]. No debe demeritarse la influencia que pueden tener los músicos de sesión, si bien puede que no sean muy famosos, su influencia puede ser incluso mayor que algunos otros músicos y, en este caso, egos de la red.

En síntesis, se encontraron varias sorpresas en el análisis de la centralidad de vector propio. Parece ser que los medios de comunicación tienen una estrecha relación con el posicionamiento de un músico para divulgar información, y por ende, resultan relevantes para el esparcimiento de su influencia. La falta de ciertos medios de comunicación pudo haber afectado a Jimi Hendrix, quien sorpresivamente, está ausente en el ranking de centralidad. Por el contrario, el guitarrista de sesión Big Jim Sullivan, se encuentra mejor posicionado que, incluso algunos egos, gracias al apoyo de algunos medios de comunicación, a pesar de que no contar con mucha fama. Finalmente, se descubrió que Clapton funge como un músico relevante para esta red, pues contribuye mucho a la centralidad de vector propio de sus colaboradores.

Para finalizar este capítulo, es importante resumir los resultados encontrados. En la primera fase, por medio de la centralidad de grado en la red de interacciones de oído, se halló a los músicos más escuchados y que más artistas diferentes escucharon; se descubrió que los primeros tienen una estrecha relación con el Blues, los segundos fueron encabezados por músicos reconocidos por su creatividad. Posteriormente, al estudiar la red de colaboraciones, se obtuvieron a los músicos mejor posicionados para crear nuevos proyectos utilizando la centralidad de cercanía, además, empleando la centralidad de grado, fue posible hallar al músico con mayor número de colaboraciones en la red.

¹Un músico de sesión es un músico contratado únicamente para actuaciones en vivo o sesiones de grabación en un estudio.

²Efecto de sonido para guitarra eléctrica.

³Efecto de sonido para guitarra eléctrica controlado con la boca.

En la segunda fase, las distribuciones de grado sugirieron una clara tendencia heterogénea, la densidad, el coeficiente de clustering y la modularidad advirtieron de la existencia de comunidades y de una inclinación competitiva dentro de la red, asimismo, se analizaron las comunidades descubiertas. Luego, utilizando la centralidad intermedia se desvelaron a los músicos que más pudieron influir en el flujo de ideas dentro de la red y, finalmente, la centralidad de vector propio permitió listar a los músicos que estaban mejor posicionados para esparcir información, es decir, a los músicos más influyentes.

Conclusiones y trabajo futuro

Sin duda, las redes son una herramienta matemática útil para estudiar sistemas complejos y estructuras sociales de todo tipo, ofrecen un panorama general de cómo funciona el sistema y permiten la cuantificación de ciertos aspectos, que de otra forma, serían difíciles de medir. Asimismo, ofrecen una variedad de acercamientos y análisis a un mismo problema en función de las métricas utilizadas y la modelación del sistema que se estudia.

En el caso particular de este trabajo, la red se enfocó en la estructura social entre actores con una característica en común, la de ser músicos relacionados con el Rock. El objetivo principal del mismo era modelar y estudiar las interacciones entre músicos por medio del análisis de redes sociales; de manera secundaria, se buscaba encontrar al guitarrista más influyente para músicos dentro de la base de datos utilizada para la modelación de la red. Se considera el objetivo principal cumplido debido a que se encontraron semejanzas consistentes entre el modelo y la realidad, además, de acuerdo al modelo y a las métricas correspondientes, se puede concluir que el guitarrista más influyente entre músicos es George Harrison, guitarrista de The Beatles, resultado que va acorde con la realidad.

Se puede concluir que la influencia de un músico entre músicos tiene mucho que ver con las colaboraciones que ha tenido, la duración de su carrera y si los medios de comunicación posicionaron su música de manera adecuada. Por ejemplo, Clapton y Hendrix, ambos guitarristas profundamente reconocidos cuyas carreras comenzaron en la década de 1960, como era de esperarse, en su inicio carecían de las oportunidades de difusión que trae consigo la utilización de la Internet. Sin embargo, de acuerdo con la centralidad de vector propio, Clapton está mucho mejor posicionado para propagar información que Hendrix; esto se pudo haber dado debido a que Hendrix tuvo una carrera corta en comparación con la de Clapton, la cual mermó sus posibles colaboraciones y terminó antes de la invención de la Internet, disminuyendo las oportunidades de difusión en línea.

Ahora bien, este trabajo podría extenderse de diferentes maneras, restringir el análisis a otros géneros musicales podría dar resultados interesantes, pues sería útil para comparar a las redes sociales entre diferentes géneros, detectar subgéneros o encontrar al músico más influyente del género en cuestión. Por supuesto, realizar el mismo análisis acotando la base de datos a una época diferente, aportaría información valiosa para comparar redes sociales de diferentes épocas, detectar corrientes emergentes o hallar al músico más influyente de dicho periodo. Incluso es posible expandir la red hacia el pasado si se continúan agregando músicos anteriores, de tal forma que, si se consideraran músicos de muchos géneros, se podría encontrar al músico más influyente hasta el presente.

De igual forma, agregar atributos a los actores, tales como instrumento utilizado, época a la que pertenece, agrupaciones musicales o géneros relacionados enriquecería significativamente el trabajo, pues permitiría generar comunidades y subredes en función de los atributos de cada nodo. Esto daría origen a un análisis mucho más detallado de las comunidades.

Asimismo, considerando la naturaleza interdisciplinaria de las redes, el trabajo se podría extender a diferentes áreas, pues surgen preguntas relacionadas con el sistema complejo

que se modeló cuyas respuestas requieren de estudios propios de disciplinas como la psicología o sociología; por ejemplo, ¿existe un periodo de tiempo en el cual una persona sea más susceptible a la influencia de otras?, de ser así, ¿cuál sería la razón? y ¿cómo se podría introducir esta variable en la modelación de una red? En el caso particular del arte, tiende a demeritarse la importancia de las interacciones sociales para su desarrollo y esparcimiento a pesar de que son fundamentales.

Por último, este trabajo, además de servir para diferentes disciplinas artísticas, podría ser útil para modelar sistemas presentes en el ambiente laboral, mercadotécnico o financiero, pues la metodología seguida para la construcción de la red es aplicable para sistemas ajenos al arte. Por ejemplo, se podría crear una red similar considerando a egos como empresarios y definiendo los tipos de interacciones que existen en ese giro; ya construida dicha red, sería posible hacer un análisis similar al de esta tesis en una red social aparentemente distinta, a fin de cuentas, los músicos son empresarios y sus proyectos, empresas que ofrecen un producto.

Referencias

- [1] Estrada, E. & Knight, A.P. (2015). *A first course in network theory*. Nueva York Estados Unidos: Oxford.
- [2] Watts, D.J.; Strogatz, S.H. (1998). Collective dynamics of 'small-world' networks. *Nature* 393 (6684): (440-442)
- [3] Bezanilla, J.M. (2011). Sociometría: Un método de investigación psicosocial. Marzo 4, 2018, de Comisión Nacional de los Derechos Humanos México. Sitio web: https://www.researchgate.net/profile/Jose_Bezanilla/publication/299526834_socimetria_un_metodo_de_investigacion_psicosocia.pdf
- [4] Crossley, Bellotti, Edwards, Everett, Koskinen, Tranmer. (2015). *Social Network Analysis for Ego-Nets*. Reino Unido: SAGE Publications Ltd : (44-76)
- [5] Kadushin C. (2011). *Understanding Social Networks*. Nueva York Estados Unidos: Oxford University Press: (21-26)
- [6] Newman, M. E. J. (2003). Mixing patterns in networks. *Physical Review*, 67:(1-12)
- [7] O'Connor, J.J. & Robertson, E.F. (2002). Kirchhoff Biographie. Marzo 26, 2018, de Universidad de St. Andrews Sitio web: <http://www-history.mcs.st-and.ac.uk/Biographies/Kirchhoff.html>
- [8] Milgram S. (1967). *The Small-World Problem*. Abril 15, 2018, de Universidad de Stanford Sitio web: <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/36487>
- [9] Erdős, P.; Rényi, A. (1959). On Random Graphs. I. *Publicationes Mathematicae*: (290-297)
- [10] Barabási. & Albert . (1999, Octubre 15). Emergence of Scaling in Random Networks. *Science*, 286: (509-511)
- [11] Zafarani, R., Abbasi, M. & Liu H. (2014). *Social Media Mining: An Introduction*. Inglaterra: Cambridge University Press.
- [12] Kitromilidis, Michael & S. Evans, Tim. (2018). *Community Detection with Metadata in a Network of Biographies of Western Art Painters*. Sitio web: https://www.researchgate.net/publication/325111111_Community_Detection_with_Metadata_in_a_Network_of_Biographies_of_Western_Art_Painters
- [13] Gleiser, M. & Danon L. (2013, Julio 25). Community structure in Jazz. *Physical Review*, 6: (1-11)
- [14] Moreno, J. L. (1934), *Who Shall Survive?*, New York, N.Y. Beacon House: (141-151)
- [15] Serrano, C. (2015). Las 11 mejores redes sociales para músicos. Abril 30, 2018. Sitio web: <https://catalinaserranogarcia.wordpress.com/2015/01/20/las-11-mejores-redes-sociales-para-musicos/>

[16][http : //rollingstone.com.mx/musicars/joe – satriani – habla – sobre – kirk – hammett – fue – un – excelente – aprendiz/](http://rollingstone.com.mx/musicars/joe-satriani-habla-sobre-kirk-hammett-fue-un-excelente-aprendiz/) 01/05/18

[17][https : //www.riaa.com/gold – platinum/?tab_active = awards_by_artistn&col = certified_units&ord = desc#search_section](https://www.riaa.com/gold-platinum/?tab_active=awards_by_artistn&col=certified_units&ord=desc#search_section) 02/05/18

[18] Dwain Berlin. (2017). Joe Satriani. Mayo 1, 2018, de Modernguitars Sitio web: [https : //www.modernguitars.com/legends/joe – satriani/](https://www.modernguitars.com/legends/joe-satriani/)

[19] Christakis, N.A.& Fowler J.H. (2007). The spread of obesity in a large social network over 32 years. *The New England Journal of Medicine*: (370-378)

[20] Miritello, G.(2013). *Temporal Patterns of Communication in Social Networks*. Springer Theses.

[21] Granovetter, S.M. (1973). The Strength of Weak Ties. *American Journal of Sociology*, (1360-1380)

[22] Freeman, L. (1979). Centrality in Social Networks Conceptual Clarification. *Social Networks*. 1: (215-239)

[23] Smith, E. (2016). The Story of AllMusic, the Internet’s Largest, Most Influential Music Database. Abril 16, 2018, de Vice Media Sitio web: [https : //motherboard.vice.com/en_us/article/story – of – allmusic – the – internets – largest – most – influential – music – database](https://motherboard.vice.com/en_us/article/story-of-allmusic-the-internets-largest-most-influential-music-database)

[24] Browne, D., Doyle, P., Fricke, D., Hermes, W., Hiatt, B., Light, A., Tannenbaum, R. & Wolk, D. (2016). 100 Greatest Guitarists. Abril 16, 2018, de Rollingstone Sitio web: [https : //www.rollingstone.com/music/music – lists/100 – greatest – guitarists – 153675/](https://www.rollingstone.com/music/music-lists/100-greatest-guitarists-153675/)

[25] Pace, S. (2018). The Cultural Impact of the Beatles. Enero 16, 2018, de Beat Sitio web: [https : //beat.media/the – cultural – impact – of – the – beatles](https://beat.media/the-cultural-impact-of-the-beatles)

[26] Ponce, R. (2012). El impacto cultural de Los Beatles en el mundo. Enero 16, 2018, de Proceso Sitio web: [https : //www.proceso.com.mx/318256/el – impacto – cultural – de – los – beatles – en – el – mundo](https://www.proceso.com.mx/318256/el-impacto-cultural-de-los-beatles-en-el-mundo)

[27] Zahra, J.. (2012). Les Beatles, leur impact sur la société occidentale. Enero 16, 2018, de Psychologie & Sciences de l’Education Sitio web: [https : //breakfastwiththebeatles.files.wordpress.com/beatles – leur – impact – sur – la – socic3a9tc3a9 – occidentale – zahra – louise – julie.pdf](https://breakfastwiththebeatles.files.wordpress.com/2012/01/beatles-leur-impact-sur-la-socic3a9tc3a9-occidentale-zahra-louise-julie.pdf)

[28] Anbar, D. (2016). 5 Moments in the Blues that Altered the Course of Rock ‘n’ Roll. Febrero 13, 2018, de Reverb Sitio web: [https : //reverb.com/news/5 – moments – in – the – blues – that – altered – the – course – of – rock – n – roll](https://reverb.com/news/5-moments-in-the-blues-that-altered-the-course-of-rock-n-roll)

[29] Soulma, T. (2016). La influencia del blues en The Rolling Stones - Los Rolling y el blues. Febrero 13, 2018, de Zeppelinrockon Sitio web: <http://www.zeppelinrockon.com/2016/07/la-influencia-del-blues-en-rolling.html>

[30] Suer, K.(2012). Under the Influence of the Blues. Febrero 13, 2018, de Portland Center Stage Sitio web: <https://www.pcs.org/archive/blog/item/under-the-influence-of-the-blues>

[31] Vai, S. & Aledort, A. (2018). The Basics and Beyond: An In-Depth Guitar Lesson by Steve Vai. Febrero 14, 2018, de Guitar World Sitio web: <https://www.guitarworld.com/lessons/steve-vai-guitar-lesson-method-basics-beyond-master-class>

[32] Satriani, J. & Aledort, A. (2018). Joe Satriani Master Class: Satch Shows You How to Express Yourself on Guitar. Febrero 14, 2018, de Guitar World Sitio web: <https://www.guitarworld.com/lessons/joe-satriani-master-class-satch-shows-you-how-to-express-yourself-on-guitar>

[33] Guerra, S.S. (2016). Queen, la historia de la banda que destronó a los Beatles en 10 canciones. Febrero 14, 2018, de El Mundo Sitio web: <http://www.elmundo.es/cultura/2016/09/05/5>

[34] León, A. (2011). Queen, la aristocracia del rock británico . Febrero 16, 2018, de Rtve Sitio web: <http://www.rtve.es/rtve/20110504/queen-aristocracia-del-rock-britanico/429924.shtml>

[35] Blackett, M.. (2012). Brian May Still Reigns as the King of Tone. Febrero 16, 2018, de Guitar Player Sitio web: <https://www.guitarplayer.com/miscellaneous/brian-may-still-reigns-as-the-king-of-tone>

[36] Matthies, A. (2016). Guide to Steve Vai's Tone, Gear & Effects. Febrero 18, 2018, de Guitar fear finder Sitio web: <http://guitargearfinder.com/guides/beginners-guide-steve-vai-tone-gear-effects/>

[37] Avakian, T. (2014). Tristan Avakian On How To Sound Like Brian May. Febrero 18, 2018, de Guitar player Sitio web: <https://www.guitarplayer.com/players/tristan-avakian-on-how-to-sound-like-brian-may>

[38] Gill, C. (2018). The Secrets Behind Brian May's Guitar Sound on Queen's "Tie Your Mother Down". Agosto 18, 2018, de Guitar World Sitio web: <https://www.guitarworld.com/artists/secrets-behind-brian-mays-guitar-sound-on-queens-tie-your-mother-down>

[39] Bonamassa, J.. (2013). Top 100 Blues and blues Rock Guitarrist. Agosto 18, 2018, de Elmore Sitio web: https://jbonamassa.com/features/2013/elmore_top100_guitarists/img/bonamassa-elmore-top-100-article.jpg

[40] Fisher D.N., Silk M.J., Franks D.W. (2017) The Perceived Assortativity of Social Networks: Methodological Problems and Solutions. In: Missaoui R., Abdessalem T., Latapy M. (eds) *Trends in Social Network Analysis. Lecture Notes in Social Networks*. Springer, Cham

[41] Music Radar Team. (2015). The 30 greatest blues guitarists of all time. Agosto 21, 2018, de Musicradar Sitio web: <https://www.musicradar.com/news/guitars/the-30-greatest-blues-guitarists-of-all-time-264246>

[42] Disney, A. (2014). KeyLines FAQs: Social Network Analysis. Agosto 25, 2018, de Cambridge Inteligence Sitio web: <https://cambridge-intelligence.com/keylines-faqs-social-network-analysis/>

[43] Rochat, Y. (2009). Closeness Centrality Extended To Unconnected Graphs : The Harmonic Centrality Index. Agosto 26, 2018, de Institute of Applied Mathematics University of Lausanne, Switzerland Sitio web: <https://infoscience.epfl.ch/record/200525/files/>

[44] Alan Clayson, *Yardbirds: The Band That Launched Eric Clapton, Jeff Beck, Jimmy Page* (Backbeat, U.K, 2002)

[45] Eric Clapton. *Little Steven*. Rolling Stone num:946. Revista Rolling Stone.

[46] Newman M.E. Modularity and community structure in networks. *Proc. Natl. Acad. Sci. U. S. A.* 2006;10323 (8577–8582)

[47] Ferris, D.X. (2011). Queen Guitarist Brian May Appears on Lady Gaga’s New Single ‘You and I’. Septiembre 12, 2018, de Ultimate Classic Rock Sitio web: <http://ultimateclassicrock.com/queen-brian-may-lady-gaga-you-and-i/>

[48] The Editors of Encyclopaedia Britannica. (2018). Les Paul. Septiembre 19, 2018, de Britannica Sitio web: <https://www.britannica.com/biography/Les-Paul>

[49] Christopher Knowles (1 October 2010). *The Secret History of Rock ‘n’ Roll*. Simon and Schuster.(147)

[50] BBC. (2015). BB King’s influence on modern music . Septiembre 19, 2018, de BBC Sitio web: <http://www.bbc.co.uk/newsbeat/article/32753062/bb-kings-influence-on-modern-music>

[51] TSM. (2015). Eric Clapton: His Musical Influences and the Influence on Your Music. Septiembre 19, 2018, de The True School of Music. Sitio web: <https://trueschool.in/eric-clapton-his-musical-influences-and-the-influence-on-your-music/>

[52] Shadrick, J. (2015). 10 Things We Learned from Steve Vai. Septiembre 22, 2018, de Premier Guitar Sitio web: <https://www.premierguitar.com/articles/23165-things-we-learned-from-steve-vai>

[53] Sonicstate. (2012). Prolific Session Guitarist Big Jim Sullivan Dies. Septiembre 25, 2018, de Sinicstate Sitio web: <https://sonicstate.com/amped/2012/10/02/prolific-session-guitarist-big-jim-sullivan-dies/>

[54] Bembibre C.(2011).Música.Septiembre 16, 2018 de Importanica Sitio web:<https://www.importanica.com/>

[55] Phippen, W.J. (2017). Gregg Allman, the Sound of Southern Rock. Septiembre 15, 2018, de The Atlantic Sitio web: <https://www.theatlantic.com/news/archive/2017/05/gregg-allman-dies/528420/>

[56] <http://everynoise.com/>

[57] <http://the.echonest.com/>

[58] Euler, L. *Solutio problematis ad geometriam situs pertinenti.*(1741).Works by Eneström Number. 53.Sitio web:<https://scholarlycommons.pacific.edu/eulerworks/53>

[59] Jimeng, Sun; Jie, Tang (2011). «A survey of models and algorithms for social influence analysis». En Charu C. Aggarwal. Social network data analytics (Nueva York: Springer) (177-214)

[60] <https://www.allmusic.com/>

[61] <https://gephi.org/>

[62] <https://www.r-project.org/>

[63] <https://www.louder-sound.com/>

[64] <https://www.rollingstone.com/>

[65] <https://www.allmusic.com/>

[66] <https://www.jimihendrix.com/biography/>

[67] Higuera, G. (2017). 15 figuras de auténtico rhythm & blues. Octubre 8, 2018, de esquire Sitio web: <https://www.esquire.com/es/actualidad/musica/g12090621/15-figuras-de-autentico-rhythm-and-blues/>

[68] Porto,P.J.,Merino M.(2008).Definición de arte. Sitio web:<https://definicion.de/arte/>

[69]Fernández Collado S.(2016). La importancia de la música en la Psicología. Febrero 20, 2019, de Universidad de Valencia. Sitio web: <https://www.uv.es/master-psicologia-general-sanitaria-pgs/es/master-psicologia-general-sanitaria-1285957292922/GasetaRecerca.html?id=>

[70] Instituto Cervantes. <https://www.youtube.com/watch?v=JRxMv6FlpFU>. Consultado Febrero 20, 2019.

[71] Azam, M.; De Federico, A. (Julio 2014). *Sociología del arte y análisis de redes sociales*. Febrero 24, 2019. *Redes. Revista hispana para el análisis de redes sociales*, [S.l.], v. 25, n. 2: (1-22) ISSN 1579-0185. Disponible en: <https://revistes.uab.cat/redes/article/view/v25-n2-azam-defederico>. 24 feb. 2019

[72] Christakis, N.A., Fowler J.H. (2008). Dynamic Spread of Happiness in a Large Social Network: Longitudinal Analysis Over 20 Years in the Framingham Heart Study. spread of happiness. *BMJ*, 337

[73] Duling, D. C. (2013). Paul's Aegean Network: The Strength of Strong Ties. *Biblical Theology Bulletin*, 43(3), 135–154. <https://doi.org/10.1177/0146107913493564>

[74] Newman, M. (2010). *Networks*. Nueva York Estados Unidos: Oxford.

[75] McPherson, M., Smith-Lovin, L., Cook, JM (2001). Birds of a Feather : Homophily in Social Networks. *Annual Review of Sociology*. 27:(415-444)

[76] Kadushin, C. (2012). *Comprender las redes sociales*. Madrid España: Oxford: (98-100)

[77] Gnywali, D.R.; Madavan, R (2001, Julio 1). Cooperative Networks and Competitive Dynamics: a Structural Embeddedness Perspective. *Academy of Management*, 26: (431-445)

[78] Ramírez, S.; Cocho, G.; Torres, N,A.; Torres, N.J.; Duval, G.; Miramontes, P.; Miramontes, O.; José Luis Sánchez, G.J.L. (1999). *Perpectivas en las teorías de sistemas*. Ciudad de México: Siglo veintiuno editores: (73-92)

[79] Vincent, D. B; Jean-Loup, G; Renaud, L; Etienne, L. *Fast unfolding of communities in large network*. In *Journal of Statistical Mechanics: Theory and Experiment* 2008 (10), P1000

[80] García, J. (2016). ¿Cómo acierta tanto Spotify en su Discovery semanal?. Febrero 20, 2019. Sitio web: <https://www.xataka.com/aplicaciones/como-acierta-tanto-spotify-en-su-discovery-semanal>

[81] Tormo, T. (2015). Every Noise at Once: un mapa sonoro de la música. Febrero 15, 2019. Sitio web: <https://www.hispasonic.com/noticias/every-noise-at-once-mapa-sonoro-musica/41232>

[82] Aguilar-Gallegos, N.; Martínez-González, E. G.; & Aguilar-Ávila, J. (2017). *Análisis de redes sociales: Conceptos clave y cálculo de indicadores*. Chapingo, México: Universidad Autónoma Chapingo (UACH), Centro de Investigaciones Económicas, Sociales y Tecnológicas de la Agroindustria y la Agricultura Mundial (CIESTAAM). Serie: Metodologías y herramientas para la investigación, Volumen 5.

[83] Rousseeuw, P.J.; Kaufman, L. (1990). *Finding Groups in Data: An Introduction to Clúster Analysis*. Nueva Jersey Estados Unidos: Wiley.

[84] Jimeng, Sun; Jie, Tang (2011). *A survey of models and algorithms for social influence analysis*. En Charu C. Aggarwal. Social network data analytics (Nueva York: Springer): 177-214. ISBN 978-4419-8461-6.

[85] Hiroki, S. (2015). *Introduction to the Modeling and Analysis of Complex Systems*. Nueva York: Open SUNY Textbooks: (4-7).

[86] Abbate, Janet (1999). *Inventing the Internet*. Cambridge, Massachusetts: MIT Press. ISBN 978-0262011723.