

Generación de listas de reproducción a través de comunidades de artistas en un grafo

Tania Mendoza Smith
ITAM

Email: taniamendozas@gmail.com

Mario Becerra
ITAM

Email: mario.becerra@itam.mx

Miguel Vilchis
ITAM

Email: mvilchis@ciencias.unam.mx

Resumen—El objetivo de este trabajo es generar una lista de reproducción a partir de artistas similares. Se usa un conjunto de datos que contine las canciones reproducidas por usuarios en un tiempo determinado. Transformamos los datos en un grafo para poder aplicar algoritmos de detección de comunidades, y así obtener grupos de cada género.

I. INTRODUCCIÓN

El estudio de redes ha sido de gran interés en los últimos años. Estas permiten representar un conjunto de actores y las relaciones entre ellos de una manera intuitiva y con una representación visual. Muchos sistemas pueden ser modelados por medio de redes. Por ejemplo, relaciones entre páginas de internet, redes de transporte, redes de parentescos y redes sociales como *Facebook* o *Twitter*. Las redes comúnmente son modeladas por medio de grafos, ya sea direccionales o no direccionales.

El análisis de los grafos generados a partir de distintas redes puede ser utilizado para encontrar características de los datos subyacentes de las redes. Ejemplos de esto son: encontrar las páginas web más importantes sobre algún tema; definir comunidades en un grafo social como *Facebook* o *Twitter*, o incluso en una red telefónica; o calcular el camino más corto de un punto a otro en una red de transporte.

Este trabajo se centra en un uso menos común del modelo de red: una red de artistas musicales generada a partir de la similitud entre ellos usando filtrado colaborativo sobre el histórico de reproducciones de *LastFM*. El objetivo final será encontrar comunidades sobre esta red para generar *estaciones de radio* a partir de comunidades de artistas similares.

II. METODOLOGÍA

Para lograr el objetivo de este trabajo, se necesitan solucionar dos problemas distintos. Por un lado, se necesita generar una red de artistas a partir del histórico de reproducciones. Para esto, se hace un cálculo de similitud entre cada pareja de artistas para colocar arcos entre aquellos que tengan una similitud alta. Posteriormente, se quieren encontrar comunidades en esta red para generar una lista de reproducción.

Existen diversas metodologías para resolver ambos problemas, y se detallarán a continuación las metodologías elegidas: Filtro Colaborativo usando mínimos cuadrados alternados para el cálculo de similitudes y optimización de Modularidad con el algoritmo de Louvain para el de detección de comunidades.

III. CÁLCULO DE LA SIMILITUD

Dado un conjunto de n productos, un grupo de m usuarios y una asignación de calificaciones de los usuarios a un subconjunto de los productos, se puede generar una matriz de calificaciones R de dimensión $m \times n$. Ejemplos de los productos pueden ser objetos que se venden en un sitio de *e-commerce*, o películas, canciones y videos en un servicio de *streaming*. Cada renglón la matriz R contiene las calificaciones que asignó el usuario a cada producto. En la mayoría de los problemas, el usuario no califica explícitamente los productos, sino que se tienen calificaciones implícitas, inferidas a partir del comportamiento del usuario. Por ejemplo, valores binarios que indican una compra, o conteos de reproducción en *Netflix*, *YouTube* o *Spotify*.

Un ejemplo de la matriz R es el siguiente:

	C_1	C_2	C_3	\dots	C_n
U_1	1	2	3	\dots	0
U_2	4	0	4	\dots	0
\vdots	\vdots	\vdots	\vdots	\ddots	\vdots
U_m	0	0	1	\dots	3

donde C_i es el i -ésimo producto y U_i es el i -ésimo usuario. Si la matriz estuviera representando reproducciones de canciones de usuarios, la entrada (i, j) representaría el número de veces que el usuario i escuchó la canción j . Es usual que este tipo de matrices tengan la mayor parte de las entradas igual a 0, pues casi siempre hay una gran cantidad de productos a ofrecer, y los usuarios no pueden escuchar tantas canciones, ver tantos videos, o comprar tantos productos.

Si se quisiera calcular una medida de similitud entre cada pareja de productos, se podrían construir vectores a partir de las columnas de la matriz R , los cuales representan vectores de usuarios, de tal forma que para cada canción i se tenga un vector $x_i \in \mathbb{R}^m$, donde la k -ésima entrada del vector x_i sea el número de veces que el usuario k escuchó la canción i , i.e., x_i es la i -ésima columna de la matriz R . Después de tener estos vectores, se puede calcular una medida de similitud, como por ejemplo, la similitud coseno, la cual está definida para dos vectores $x, y \in \mathbb{R}^k$:

$$\text{sim}(x, y) = \frac{x^T y}{\|x\| \|y\|} = \frac{\sum_{i=1}^k x_i y_i}{\sqrt{\sum_{i=1}^k x_i^2} \sqrt{\sum_{i=1}^k y_i^2}}. \quad (1)$$

Como usualmente en este tipo de problemas se tienen una gran cantidad de productos y usuarios, al calcular las similitudes a partir de los vectores columna de R uno se enfrenta a la maldición de la dimensionalidad (*curse of dimensionality*), pues m es grande. Este problema hace que las medidas de similitud no sean de utilidad, ya que se vuelven muy pequeñas siempre, haciendo difícil distinguir entre productos cercanos y lejanos [beyer1999nearest].

III-A. Mínimos Cuadrados Alternados

Para evitar el problema anterior, es deseable reducir la dimensionalidad. Una de las maneras para reducirla es mediante la factorización de la matriz de calificaciones R . Como se mencionó anteriormente, tener un *feedback* implícito es diferente a tener uno explícito. En este trabajo, se tiene un *feedback* implícito en el comportamiento, por lo que se utiliza un método que toma en cuenta esta particularidad, y el cual está explicado en [hu2008collaborative].

La finalidad del algoritmo de factorización es descomponer a la matriz R en dos matrices de rango bajo de tal forma que el producto de estas se aproxime a la matriz original. Es decir, se busca encontrar dos matrices U y C , con $U \in \mathbb{R}^{m \times f}$ y $C \in \mathbb{R}^{n \times f}$, con $f \ll \min(m, n)$, tales que $R \approx UC^T$.

Se define una función que mide el nivel de confianza de que $r_{ui} > 0$ de la siguiente forma

$$\gamma_{ui} = 1 + \alpha r_{ui}$$

con $\alpha > 0$. Esta función nos permite tratar los *feedbacks* implícitos como ratings.

La f es el número deseado de **factores latentes** de R . De esta forma, la calificación de un usuario a un producto es una combinación lineal de estos factores latentes.

$$R_{ij} = \sum_{k=1}^f U_{ik} C_{jk}$$

donde U_{ik} es la entrada (i, k) de U y C_{jk} es la entrada (j, k) de C .

Ahora, la similitud entre productos se puede calcular a partir de la matriz C donde cada renglón representa a cada producto en términos de sus factores latentes. Esta matriz tiene una dimensión considerablemente menor a la matriz original R , por lo que evitamos el problema de dimensionalidad.

El algoritmo que utilizamos para encontrar estas matrices de rango bajo se llama *Alternate Least Squares*, es decir, mínimos cuadrados alternados. Se define, primero, la matriz binaria de reproducciones P tal que la entrada (u, i) , denotada por p_{ui} , es tal que

$$p_{ui} = \begin{cases} 1 & \text{si } R_{ui} > 0 \\ 0 & \text{si } R_{ui} = 0, \end{cases}$$

donde R_{ui} es el número de veces que el usuario i escuchó al artista u , dado por la matriz R . Se utiliza la función objetivo dada por la ecuación (2).

$$\min_{u,c} \sum_{(j,k)} \gamma_{jk} (p_{j,k} - u_j^T c_k)^2 + \lambda \left(\sum_j \|u_j\|^2 + \sum_k \|c_k\|^2 \right) \quad (2)$$

La minimización por mínimos cuadrados alternados es un proceso iterativo en el cual se inicia con una matriz aleatoria C y se obtiene U a partir de optimizar (2), posteriormente se fija U y se optimiza (2) para obtener C .

En cada iteración, se resuelve un problema de optimización en un tiempo de orden $O(f^2 N + f^3(m + n))$, donde N es el número total usuarios que consumieron al menos un producto. Si el número máximo de iteraciones es l , entonces el obtener la matriz C tiene una complejidad de orden $O(l(f^2 N + f^3(m + n)))$.

IV. DETECCIÓN DE COMUNIDADES

El objetivo final de este proyecto es identificar comunidades en un grafo en el que los nodos representan artistas musicales, y las aristas representan similitud entre ellos, para a partir de estas formar grupos de artistas a partir de los cuáles se puede generar una lista de reproducción.

Existen distintos tipos de algoritmos para detección de comunidades, algunos son divisivos, en el sentido que detectan ligas inter-comunidad y después los quitan de la red; otros son aglomerativos, ya que van juntando nodos recursivamente; y otros están basados en la maximización de una función objetivo.

Cabe mencionar, que el problema de detección de comunidades es radicalmente distinto al problema de particionar los vértices de un grafo. Esta diferencia fundamental yace en que el problema de partición tiene dado de antemano el número de grupos que se desea obtener, o el tamaño de éstos, es decir, existe información a priori de lo que se busca. Por otro lado, el problema de detección de comunidades tiene como objetivo encontrar la *estructura subyacente* que agrupa a los nodos de un grafo sin información a priori sobre cómo es esta estructura de grupos. Se podría decir que el problema de detección de comunidades busca encontrar la partición natural de estos nodos.

Para nuestro problema, decidimos utilizar un algoritmo basado en la maximización de una función objetivo. Esta función objetivo es la modularidad, que será explicada a continuación.

IV-A. Modularidad

La modularidad es una de las medidas más populares para detectar comunidades en redes. Parte de esta popularidad se debe a que se han desarrollado algoritmos muy rápidos para maximizarla. También a que esta medida, a diferencia de otras, no se centra en características locales de la red, sino que ve la estructura global. La modularidad está en el intervalo $(-1, 1)$ y busca medir la estructura de comunidad de una red.

Gracias a que la definición de comunidad es muy abierta, cada medida puede darle su propia interpretación y buscar características distintas en la separación. En el caso de la modularidad, se prefieren grupos con conexiones fuertes entre

los miembros y débiles entre nodos de distintas comunidades. De manera más formal, se busca que existan menos aristas entre nodos de distintas comunidades de las *esperadas*. Las aristas esperadas se calculan con un modelo nulo, la elección de este modelo cambia los resultados. El modelo normalmente utilizado es el modelo nulo de Newman-Girvan, ya que respeta la distribución de grados de la red. Este es el modelo nulo que se utilizará en este trabajo.

La modularidad Q se calcula como la proporción de arcos que están dentro de cada comunidad menos el número esperado de arcos en cada comunidad de un grafo aleatorio con la misma distribución de grados (modelo nulo Newman-Girvan). Esto nos da la siguiente ecuación [blondel'fast'2008]

$$Q = \frac{1}{2m} \sum_{i,j} (A_{ij} - \frac{k_i k_j}{2m}) \delta(c_i, c_j),$$

donde A_{ij} representa el peso del arco entre los nodos i y j ; $k_i = \sum_j A_{ij}$ es la suma de los pesos de los arcos que salen del nodo i ; c_i es la comunidad que se le asigna al vértice i ; $\delta(u, v)$ es 1 si $u = v$ y 0 en otro caso; y $m = \frac{1}{2} \sum_{i,j} A_{ij}$ es peso total de los arcos de la red.

El problema de optimización de modularidad es NP-Completo [blondel'fast'2008], sin embargo existen heurísticas greedy como el algoritmo de Louvain, el cual reduce la complejidad a $O(n \log n)$ [blondel'fast'2008].

IV-B. Algoritmo de Louvain

Encontrar la partición óptima de acuerdo a la modularidad es un problema NP, ya que implicaría explorar todas los posibles agrupamientos y elegir el que maximice la medida. Por ello, existen algoritmos que exploran solo una parte del espacio de soluciones.

Para optimizar la modularidad, haremos uso del algoritmo de Louvain [Blondel08fastunfolding]. Este algoritmo fue creado en el 2007 y es uno de los más rápidos. Es un algoritmo greedy que en cada iteración busca mejorar el valor de la modularidad.

El algoritmo se divide en varias corridas, cada una consistente de 2 fases. En cada iteración de fases, se hará uso del cálculo de la *ganancia en modularidad*. La ganancia está dada por la siguiente fórmula:

$$\Delta Q = \left[\frac{\sum_C + d_{i,C}}{2m} - \left(\frac{\sum_{adj} + d_i}{2m} \right)^2 \right] - \left[\frac{\sum_C}{2m} - \left(\frac{\sum_{adj}}{2m} \right)^2 - \left(\frac{d_i}{2m} \right)^2 \right], \quad (3)$$

donde

$$\begin{aligned} \sum_C &= \sum_{j,k \in C} w_{jk}, \\ d_{i,C} &= \sum_{j \in C} w_{ij}, \text{ y} \\ \sum_{adj} &= \sum_{j \in C, k \notin C} w_{jk}. \end{aligned}$$

El proceso se inicia con una gráfica G con n nodos.

Fase 1:

1. Asignarle a cada nodo su propia comunidad, es decir, en principio tenemos n comunidades.
2. Para cada nodo v_i , nos fijamos en sus d_i vecinos y evaluamos la *ganancia en modularidad* que resultaría de quitar a v_i de su propia comunidad y ponerlo en la de cada uno de sus vecinos.
3. Ponemos a v_i en la comunidad del vecino v_j que dé la mayor ganancia, siempre y cuando esta sea estrictamente positiva. En caso de no existir movimiento que suponga una ganancia positiva, dejamos a v_i en su propia comunidad.
4. Este proceso se repite secuencialmente para todos los nodos hasta que no se pueda obtener mejoría de hacer estos movimientos individuales. En esta fase se obtiene un óptimo local.

Fase 2:

1. Construimos una nueva gráfica donde las comunidades encontradas en la fase 1 se vuelven nodos.
2. Ahora, las aristas tendrán pesos, que se construyen sumando los pesos de las aristas entre comunidades, de la siguiente manera:

$$\hat{w}_{ij} = \sum_{v_k \in C_i, v_l \in C_j} w_{kl},$$

donde \hat{w}_{ij} es el peso de los nodos formados por la comunidad i y la comunidad j y w_{kl} es el peso de la arista entre el nodo v_k y v_l si esta arista existe. Las aristas entre nodos de una misma comunidad se vuelven lazos. Cabe mencionar que si iniciamos con una gráfica sin pesos, tomamos $w_{kl} = 1$ para toda arista $v_k v_l \in E$.

El algoritmo sigue corriendo hasta que no se encuentre mejoría en la modularidad, y en cada corrida el número de comunidades, claramente, va decreciendo.

La razón por la que el método resulta tan rápido es por lo fácil que es calcular la ganancia en modularidad al hacer un cambio.

IV-C. Limitantes de la Modularidad y el Algoritmo de Louvain

Existen algunas limitantes al usar la modularidad como medida de detección de comunidades, así como de usar el algoritmo de Louvain. Por un lado, la medida de modularidad tiene un *límite de resolución*. Esto se refiere a que la modularidad puede ser incapaz de identificar comunidades naturales, dando particiones muy gruesas, es decir, sobreagrupando. Este límite depende del tamaño total de la gráfica y de qué tan conectados estén sus nodos. Podemos encontrar dos casos peligrosos en los que la partición se vería afectada por este límite:

1. Dos comunidades tienen un balance perfecto entre aristas dentro de la comunidad y aristas fuera de él. Así que están en el límite de conformar una comunidad.
2. Dos comunidades tienen una única arista conectándolas con el resto de la gráfica, y sólo una arista conectándolas al uno con el otro. En este caso, el método de modularidad no podría separarlas aunque se tratara de dos gráficas completas unidas por una única arista.

En nuestra aplicación, este comportamiento de hecho puede resultar beneficioso, pues los grupos de artistas tendrán aproximadamente el mismo tamaño, lo que se traduce en listas de reproducción con tamaños similares.

Así mismo, es importante notar que por la naturaleza aleatoria del inicio del algoritmo, la partición resultante depende del orden en el que se revisan los nodos. Para mejorar este problema, en la práctica, se corren varios procesos completos con inicios aleatorio y se toma el que da el mejor resultado. Los autores del algoritmo de Louvain indican que este algoritmo podría resolver el problema de resolución de la modularidad, usando las soluciones intermedias como soluciones alternativas, aunque esto no ha probado ser cierto [Fortunato201075].

V. IMPLEMENTACIÓN

Nuestro objetivo es generar listas de reproducción a partir de artistas similares. Una opción para decidir que dos artistas son similares podría ser a partir de características explícitas de su música, por ejemplo, usando el género. Sin embargo, decidimos que sería mejor tomar información de los gustos de las personas a partir de su comportamiento de reproducción. Contamos con la información de reproducción de al rededor de mil usuarios en *LastFM*. Una vez calculada la similitud entre artistas, queremos agruparlos para generar listas de reproducción. Para esto, generamos una red y usamos el algoritmo de detección de comunidades para partirla en grupos.

V-A. Obtención de información y preprocesamiento

La información de reproducción fue tomada de *LastFM*. El dataset contiene el id de usuario, id de canción, nombre de canción, id de artista, nombre de artista y un timestamp de la fecha y hora de reproducción. Decidimos trabajar usando el id del usuario y el id de artista de la lista de reproducción. De esta manera, podemos generar una matriz de reproducción, donde a cada usuario le corresponde un vector de artistas y las entradas están dadas por el número de veces que escuchó alguna canción de ese artista.

	A_1	A_2	A_3	\dots	A_n
U_1	1	2	3	\dots	0
U_2	4	0	4	\dots	0
\vdots	\vdots	\vdots	\vdots	\ddots	\vdots
U_m	0	0	1	\dots	3

En esta matriz, A_i es el i -ésimo artista y U_i es el i -ésimo usuario. Así, la entrada (i, j) representa el número de veces que el usuario i escuchó una canción del artista j . Es usual que este tipo de matrices tengan la mayor parte de las entradas igual a 0, pues no todos los usuarios han escuchado todas las canciones.

Como parte de la preparación de los datos, nos deshicimos de aquellos usuarios que hubieran escuchado pocas canciones, ya que no proveen información. La decisión de corte fue hecha a partir de un histograma, y decidimos eliminar a los usuarios que hubieran escuchado menos de 10 artistas distintos. Bajo un razonamiento similar, nos deshicimos de aquellos artistas que solo hubieran sido reproducidos por una misma persona.

V-B. Similitud entre artistas

Primero se define la matriz binaria de reproducciones R tal que la entrada (u, i) , denotada por r_{ui} , es tal que

$$r_{ui} = \begin{cases} 1 & \text{si } R_{ui} > 0 \\ 0 & \text{si } R_{ui} = 0, \end{cases}$$

donde R_{ui} es el número de veces que el usuario i escuchó al artista u . Si $R_{ui} > 0$ hay indicio de que al usuario u le gusta el artista i , si $R_{ui} = 0$ no hay tal indicio. Sin embargo, los indicios pueden tener distintos niveles de confianza pues, debido a la naturaleza de los datos, el hecho de que $R_{ui} = 0$ se puede deber a distintos factores, como que el usuario no conoce tal artista, o que no está disponible, o que en efecto, no es de su agrado. Así mismo, el hecho de que $R_{ui} > 0$ puede ser debido a que el usuario escuchó esa canción porque era la que seguía de otra canción que sí le gusta al usuario. En general, mientras más grande sea R_{ui} , hay más indicio de que a u le gusta i .

Una forma de calcular la similitud entre cada par de artistas podría ser construyendo vectores de usuarios, como se mencionó anteriormente, de tal forma que para cada artista i se tenga un vector $x_i \in \mathbb{R}^m$, donde la k -ésima entrada del vector x_i sea el número de veces que el usuario k escuchó una canción del artista i , pero debido a la maldición de la dimensionalidad, usamos filtrado colaborativo para encontrar factores latentes en el espacio de los artistas utilizando la descomposición de matrices, de tal forma que se encuentran dos matrices U y A tales que su producto aproxime a R .

Las matrices U y A se pueden interpretar en función de los factores latentes. La matriz U representaría a los usuarios en términos de sus gustos y la matriz A a los artistas en términos de sus características latentes. Cada fila de U es un usuario, y el valor de cada entrada k de la fila explica qué tan inclinado está hacia el factor k ; y análogamente, cada fila de A es un artista, y cada entrada k explica qué tan inclinado está el artista hacia el factor k , con $k \in \{1, \dots, p\}$.

Para el cálculo de la matriz A , utilizamos la técnica descrita en la sección anterior de mínimos cuadrados alternados. Usamos 10 iteraciones y decidimos generar una matriz de rango 20, es decir, $f = 20$. De esta manera, cada artista tendrá un vector con 20 entradas que representan el valor que toma en cada uno de los factores latentes. Cabe mencionar, que algunos de estos factores podrían ser interpretados en términos de qué representan haciendo un análisis sobre los valores. Se podría determinar, por ejemplo, que el factor 1 corresponde a *qué tan pop* es una canción, o *qué tan rápida* o *lenta* es. Sin embargo, un análisis de este tipo no resulta pertinente a nuestro objetivo.

Una vez que se tiene la matriz A , se calculan todos los pares de similitudes de artistas usando la similitud coseno en la ecuación 1. Esta es una operación con una complejidad de orden $O(n^2)$, por lo que puede ser tardado calcularla. Si el tiempo de ejecución fuera algo crucial, se podría utilizar una heurística como vecinos más cercanos aproximados (*approximate nearest neighbors*), en la cual, para los k vecinos más cercanos que se quieren calcular, el tiempo de ejecución es de orden $O(kn \log n)$ [arya1994optimal].

V-C. Matriz de artistas por similitud

Una vez que obtuvimos la similitud para todas las parejas de artistas, podemos formar la red. El primer paso para esto fue filtrar las similitudes que consideramos no relevantes, ya que no queríamos una red completamente conectada, sino una red con estructura de comunidad, es decir, con conexiones solo entre nodos relevantes. Filtramos con dos criterios:

1. Eliminamos todas las similitudes negativas. Esto porque en nuestro problema, el vector de factores representa características y una diferencia de signo para alguna de estas características implica lejanía. Estas diferencias de signo son capturadas como un valor negativo de la similitud coseno.
2. Eliminamos todas las similitudes menores a 0.4. El valor fue elegido haciendo uso una vez más de un histograma. Consideramos que valores menores de similitud meterían ruido en la topología de nuestra red.

La red de similitudes se puede expresar como una matriz de adyacencias S donde para la pareja de artistas (i, j) existe una arista solo si su similitud es mayor o igual a 0.4. La entrada $S_{ij} = sim_{ij}$, es decir que peso del arco está dado por el valor de la similitud.

A partir de esta red, corrimos el algoritmo de detección de comunidades para encontrar un agrupamiento *natural* de los artistas que resultan similares y que por lo tanto resultan buenos candidatos para formar una lista de reproducción, por ejemplo.

También se utilizó la api de *Spotify* para comparar los resultados obtenidos, eso se hizo a través de la librería *Rspotify* para el lenguaje *R*.

VI. RESULTADOS

Después de aplicar la metogología al conjunto de datos descrito obtuvimos 14 comunidades (o *clusters*), donde cada uno representa un género. El número de artistas por cada comunidad se puede ver en la Tabla I y en la Figura 1. Se puede ver los artistas que más representan a cada comunidad, en el sentido de que son los que mayor número de reproducciones tienen, en las Tablas II y III.

Tabla I. NÚMERO DE ARTISTAS EN CADA COMUNIDAD

Comunidad	Número de artistas
1	3297
2	3872
3	3555
4	5920
5	2425
6	3880
7	7905
8	4677
9	2135
10	3461
11	5711
12	6408
13	3348
14	2263

Tabla II. ARTISTAS CON MAYOR NÚMERO DE REPRODUCCIONES EN CADA COMUNIDAD

Comunidad	Artista
1	The String Quartet
1	The Black Angels
1	Tunng
1	The Warlocks
1	Can
1	Nits
1	Black Mountain
1	Hawkwind
1	The Brian Jonestown Massacre
1	Rachel'S
2	Dispatch
2	Ozric Tentacles
2	Elio E Le Storie Tese
2	Biosphere
2	Eluvium
2	Easy Star All-Stars
2	Stars Of The Lid
2	Shpongole
2	Coil
2	King Crimson
3	Myslovitz
3	Apparat
3	Mando Diao
3	Max Richter
3	Seed
3	Venetian Snares
3	Ellen Allien & Apparat
3	Die Fantastischen Vier
3	Kult
3	Burial
4	Sloan
4	Bel Canto
4	De-Phazz
4	Gotan Project
4	Bonobo
4	Nightmares On Wax
4	The Radio Dept.
4	Red House Painters
4	The Cinematic Orchestra
4	Rocky Votolato
5	Nujabes
5	Build An Ark
5	Pop Levi
5	Dabrye
5	Jamie Lidell
5	Over The Rhine
5	Cut Chemist
5	Flying Lotus
5	Ammoncontact
5	Madlib
6	Aesop Rock
6	Crystal Castles
6	Justice
6	Kent
6	Wu-Tang Clan
6	Mew
6	T.I.
6	Eminem
6	Rjd2
6	Kanye West
7	Gwen Stefani
7	Soda Stereo
7	Britney Spears
7	Shakira
7	Rihanna
7	Skinny Puppy
7	Christina Aguilera
7	Justin Timberlake
7	P!NK
7	Mindless Self Indulgence

Tabla III. ARTISTAS CON MAYOR NÚMERO DE REPRODUCCIONES EN CADA COMUNIDAD (PARTE 2)

Comunidad	Artista
8	Windy & Carl
8	Flight Of The Conchords
8	Blue Man Group
8	Butthole Surfers
8	Meat Puppets
8	Lightning Bolt
8	Townes Van Zandt
8	Faust
8	The Legendary Pink Dots
8	The Residents
9	Pegboy
9	Jme
9	Vivian Girls
9	Nashville Pussy
9	Roky Erickson
9	Smoking Popes
9	Milton Nascimento
9	The Evens
9	The Georgia Satellites
9	The Gutter Twins
10	Engenheiros Do Hawaii
10	Indochine
10	Humanwine
10	Buena Vista Social Club
10	John Coltrane
10	Madeleine Peyroux
10	Riverside
10	Herbie Hancock
10	Chet Baker
10	Django Reinhardt
11	Linkin Park
11	Evanescence
11	A Perfect Circle
11	In Flames
11	The 69 Eyes
11	Porcupine Tree
11	Children Of Bodom
11	Soilwork
11	Afi
11	Nightwish
12	Nine Inch Nails
12	Pink Floyd
12	Elliott Smith
12	Depeche Mode
12	The Beatles
12	Radiohead
12	Coldplay
12	Placebo
12	Muse
12	Death Cab For Cutie
13	Lyfe Jennings
13	Nellie McKay
13	Deus
13	Secret Machines
13	Youth Group
13	Afterhours
13	Lucero
13	Annuals
13	The Stills
13	The Frames
14	Uverworld
14	High And Mighty Color
14	Soundtrack
14	M-Flo
14	L'Arc'En'Ciel
14	Dir En Grey
14	T.M.Revolution
14	Acidman
14	Bonnie Pink
14	Chemistry

Figura 1. Número de artistas en cada comunidad

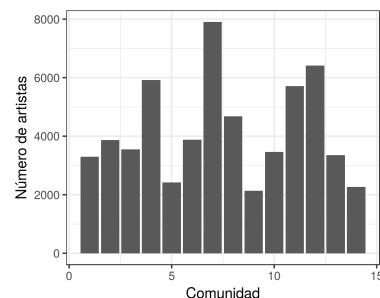


Tabla IV. PROMEDIO DE ARTISTAS RELACIONADOS

	Número de grupos	Artistas encontrados de 20
Mejores casos	3	18
Peores casos	3	0
Caso promedio	8	7.9

Para conocer la calidad de la división, tomamos como representante del grupo a los artistas con mayor número de reproducciones. Seguido de eso, usamos la API de *Spotify*, para encontrar los artistas relacionados con cada representante.

La lista que obtenemos del API de *Spotify* contiene 20 artistas relacionados, seguido de esto, buscamos a cada uno de los artistas en el grupo del representante. Se espera que los 20 artistas se encuentren en la comunidad del representante.

En promedio, los artistas relacionados que se encontraron en el mismo grupo que el artista representante fueron 40.3 %, los resultados se muestran en la Tabla IV.

El grupo 12 representa uno de los mejores grupos, ya que, de los 20 artistas relacionados con el representante del grupo, 18 se encontraron dentro de nuestro grupo. Los artistas con mayor número de reproducciones del grupo se muestran en la Tabla V.

Del lado izquierdo se muestran los artistas con mayor número de reproducciones del grupo, mientras que del lado

Tabla V. GRUPO 12

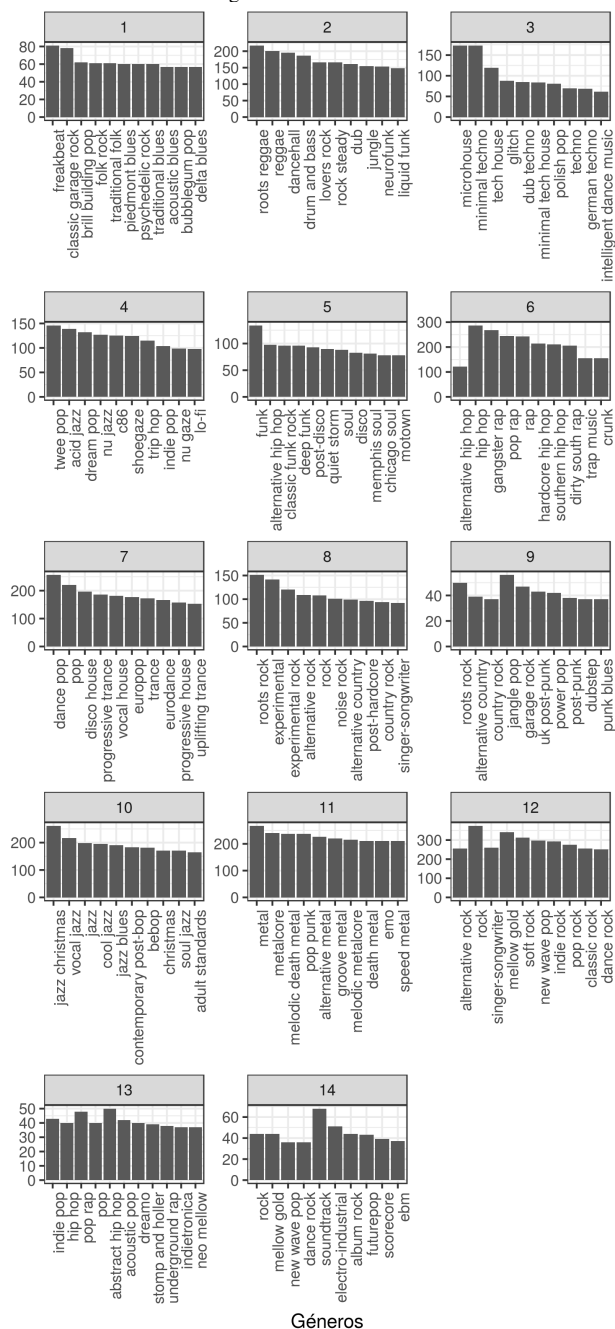
Artistas con más reproducciones	Artistas relacionados con Radiohead (Spotify)
Radiohead	Radiohead
The Beatles	Blur
Nine Inch Nails	The Flaming Lips
Muse	Arcade Fire
Coldplay	Pixies
Depeche Mode	Interpol
Pink Floyd	Portishead
Death Cab For Cutie	Beck
Placebo	Sonic Youth
Elliott Smith	Wilco
The Cure	PJ Harvey
David Bowie	The Smashing Pumpkins
The Killers	My Bloody Valentine
The Smiths	LCD Soundsystem
Red Hot Chili Peppers	Sigur Rós
Metallica	Joy Division
Interpol	Animal Collective
Bloc Party	Grizzly Bear
Black Rebel Motorcycle Club	Pulp
Arcade Fire	Placebo
Modest Mouse	Björk

izquierdo los artistas relacionados con el representante del grupo, es decir los artistas relacionados con *Radiohead*, obtenidos de la API de *Spotify*. Además, se sombreadon los artistas relacionados que se encuentran en el grupo.

El peor caso lo representan el grupo 2, 3 y 14, ya que en estos no se encontró ningún artista relacionado con el representante dentro del grupo.

Para conocer qué género representa cada grupo, nos apoyamos en la API de *Spotify*, tomando todos los artistas pertenecientes a cada grupo y por cada uno de ellos se obtuvo el género. La distribución de los géneros por cada grupo se puede ver en la Figura 2.

Figura 2. Distribución de los géneros en cada comunidad



Géneros