



UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICAS
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA COMPUTACIÓN

IDENTIFICACIÓN DE CONTENIDO MULTIMEDIA RELEVANTE A PARTIR DE EVENTOS
UTILIZANDO SU INFORMACIÓN SOCIAL

MEMORIA PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL EN COMPUTACIÓN

MAURICIO DANIEL QUEZADA VEAS

PROFESORA GUÍA:
BÁRBARA POBLETE LABRA

MIEMBROS DE LA COMISIÓN:
SERGIO OCHOA DELORENZI
MAURICIO MARÍN CAIHUAN

SANTIAGO DE CHILE
ENERO 2013

Resumen

Este trabajo consistió en el diseño e implementación de una metodología para la generación automática de resúmenes de eventos a partir de documentos de contenido tanto textual como multimedial. La medida de relevancia para la extracción de documentos representativos en el proceso de la generación de resúmenes consideró la inclusión de indicadores *sociales*, es decir, se consideran más importantes los documentos con mayor impacto en medios sociales, tal como las redes sociales online.

El problema central fue la generación de resúmenes de eventos bien definidos, es decir, no se consideró el problema de identificación de eventos en medios sociales. Para este trabajo, un evento se define como un acontecimiento que genera actividad en medios sociales. El resumen de un evento se construye principalmente a partir de una selección de documentos descriptivos que son publicados en los medios sociales en torno al evento en cuestión.

Se utilizó una estrategia de clustering particional para la identificación de subtópicos de cada evento, y una estrategia simple para ponderar la relevancia de cada documento. Al no considerar el contenido de los documentos, éstos pueden ser de tipo textual o multimedial, pudiendo generar resúmenes multimedia o visuales. Este tipo de trabajo no ha sido profundamente estudiado en las áreas de investigación relacionadas a la fecha de esta memoria.

Se utilizaron los servicios de Google News y Last.fm para la obtención de eventos noticiosos y musicales, respectivamente. Además, se utilizó la red social Twitter para el enriquecimiento y generación de documentos con información social. Se utilizó el algoritmo de clustering K-means para la identificación de subtópicos mediante una representación adecuada de los documentos que no considerara su contenido, de forma de generar un resumen visual de cada evento, y una estrategia simple para ordenar los resultados de acuerdo a relevancia de acuerdo a determinados indicadores sociales de los documentos.

La metodología fue evaluada sobre distintos eventos, tanto noticiosos como musicales, a partir de los cuales se generaron resúmenes multimediales automáticamente. También se analizaron casos puntuales manualmente, previa determinación de parámetros adecuados. Los resultados obtenidos indicaron que la calidad de los resultados no depende directamente de la cantidad de documentos utilizados, y que los indicadores sociales utilizados pueden ser calibrados para entregar más resultados relevantes. La metodología diseñada fue adecuada para alcanzar el objetivo principal, y puede ser mejorada en muchas aristas tanto en diseño como en implementación en el futuro.

Nunca supe qué poner aquí.

Agradecimientos

Quizás esta fue la parte más difícil de mi memoria. No porque el resto haya sido fácil, sino porque intenté poner algo aquí novedoso, ingenioso, evitando los clichés y discursos de cada memoria, que son, dicho sea de paso, recitados de memoria:

Quisiera agradecer primero que nada a mi familia, a mis profesores que me han acompañado durante todo este trayecto; a mis amigos más cercanos... al estimado capitán del cuerpo de bomberos, autoridades políticas, eclesiásticas, civiles y militares... (léase con tono autoritario).

Realmente quienes me acompañaron de manera auténtica durante todo el comienzo de este viaje han sido dos cosas: el café y la falta de sueño. A ambos les agradezco darme el tiempo necesario para realizar este trabajo, y estoy seguro de que me seguirán acompañando en el futuro.

Al Smash, a los miércoles de Gorbea, a Los Talentosos Campesinos, Jason Funk, John Link, Andy Briones, al futuro dueño de una amasandería, a Alce, a Eulogio Villegas, y a todos esos nombres que salen al escribir descuidadamente en un teclado o salidos de malas pronunciaciones o profecías apocalípticas.

Finalmente, no puedo evitarlo: a mis profesores, los que estuvieron y los que no; a los que ya no están (porque se fueron de viaje). A mis amigos, ellos saben quiénes son, y quiénes no (no, no es cierto, no saben). Y a mi familia, que sin su apoyo no habría podido llegar a escribir estas líneas, ni muchas otras que fueron y las que aún no han sido escritas.

Tabla de contenido

1. Introducción	1
1.1. Contexto y Motivación	2
1.2. Objetivos	4
1.2.1. Objetivo general	4
1.2.2. Objetivos específicos	4
1.3. Descripción general de la solución	4
2. Antecedentes	6
2.1. Twitter	6
2.2. Clustering de documentos	8
2.2.1. Modelos de representación de documentos	9
2.2.2. Medidas de similitud	11
2.2.3. Algoritmos de clustering	11
2.2.4. Evaluación de clusters	13
2.3. Identificación automática de eventos	15
2.4. Resúmenes automáticos	16
2.5. Ranking de documentos sociales	18
3. Especificación del Problema	19
4. Descripción de la Solución	21
4.1. Descripción detallada	23
4.2. Metodología de desarrollo e implementación	24
4.2.1. Obtención de datos	24
4.2.2. Identificación de subtópicos	27
4.2.3. Ranking de documentos	29
4.3. API de búsqueda de Twitter	30
4.4. Casos de estudio	32
4.4.1. Distribuciones de dominios	32
4.4.2. Determinación del número de clusters	34
4.4.3. Análisis de resúmenes	36
5. Conclusiones y trabajo a futuro	41
Bibliografía	44

Índice de figuras

2.1.	Timeline de Twitter.	7
2.2.	Comparación de algoritmos de clustering	14
4.1.	Vista general de la solución.	22
4.2.	Ejemplo de enlaces acortados.	27
4.3.	Dominios evento 1	33
4.4.	Dominios evento 2	34
4.5.	Dominios evento 3	35
4.6.	Dominios evento 4	36
4.7.	Radios de similitud para evento 1	37
4.8.	Radios de similitud para evento 2	38
4.9.	Radios de similitud para evento 3	38
4.10.	Radios de similitud para evento 4	39
4.11.	Documento con alto puntaje entre los resultados obtenidos	39
4.12.	Imagen y documento con altos puntajes entre los resultados obtenidos	40

Capítulo 1

Introducción

Al igual que en el buffet de un restaurante, por mucho que se quisieran comer todos los platos, es imposible comer todo lo que uno quisiera por razones obvias. Una posibilidad es probar un poco de cada comida, para así saber qué es lo más delicioso y comer hasta hartarse.

Pero, ¿qué hacer si hay demasiados platos y no se conocen todos? de alguna manera hay que saber cuáles hay que probar, si el objetivo es comer lo mejor posible. Para hacerse la idea de cuál es la mejor oferta gastronómica del restaurant, sin tener que probar todos los platos, se puede preguntar a la gente que come habitualmente ahí qué platos fueron los que más les han gustado, y así definir la calidad de éste y/o escoger los mejores platos. Entonces se pueden escoger muestras de acuerdo a las recomendaciones.

Pasando a un contexto diferente, supóngase que este gran buffet es la Web y los distintos platos corresponden a contenido publicado en ella. Por lo tanto, dada la gran cantidad de información disponible, se hace necesario poder encontrar lo más atractivo de acuerdo a la preferencia de los usuarios. Nótese que se está haciendo otra suposición importante con esta analogía, y es que se está considerando que la información es íntegramente para ser *consumida*, y no, por ejemplo, para generar más contenido, conocimiento, para ser utilizada por máquinas, etc. Dentro de este contexto se plantea la pregunta de cómo seleccionar el contenido más atractivo dentro de todo lo que hay disponible en un momento dado. O bien, filtrar los documentos que hablan de un mismo evento de acuerdo a las preferencias de los usuarios, y luego presentarlo en la forma de un *resumen* de cada uno.

Este trabajo consistió en el desarrollo de una metodología que permite generar resúmenes automáticos de eventos determinados a partir de los documentos Web que hablan de éstos. Un *resumen* se considera como una selección de los documentos más representativos de un evento, lo cual permite describirlo con pocos elementos, en comparación a todos los que lo mencionan. A su vez, no se hace ninguna suposición sobre el *contenido* de estos documentos (pueden ser de texto, imágenes, videos, *multimedios* en general). Los documentos del resumen son seleccionados de acuerdo a *indicadores sociales*: los elementos con mayor impacto en las redes sociales son considerados más importantes.

La metodología diseñada se implementó sobre dos tipos de eventos: noticias y conciertos musicales. Para obtenerlos, se utilizó el servicio de Google News¹ y Last.fm². Los documentos y sus indicadores sociales se obtuvieron de la red social Twitter³; y utilizando una representación adecuada de los documentos como vectores, se utilizó una estrategia de clustering para identificar los subtópicos de cada evento y así generar un resumen, basándose en los indicadores obtenidos. Esta memoria posee una componente de investigación, al no estar del todo resuelto el problema de la generación de resúmenes de contenido multimedia heterogéneo a partir de eventos.

La estructura de este informe es como sigue: en este capítulo se comenta el contexto dentro del cual se desarrolló este sistema, las contribuciones realizadas, los objetivos y una descripción general de la solución. En Capítulo 2 se discute el estado del arte y el marco teórico del cual se desprende este trabajo. El Capítulo 3 describe más en detalle el problema a resolver, su relevancia y sus dificultades. En el Capítulo 4 se describe la solución implementada, más un par de casos de estudio sobre los resultados obtenidos. Finalmente, las conclusiones de este trabajo se encuentran en el Capítulo 5.

1.1. Contexto y Motivación

La tasa de crecimiento de la cantidad de datos en la Web, y en particular, en las *redes sociales online* (OSN, *Online Social Networks*), es de tal magnitud que se vuelve necesario encontrar formas de filtrar y buscar sólo la información relevante dentro de todas las fuentes que hablan de un mismo acontecimiento. Por otra parte, para poder entender lo que está pasando en el mundo a partir de los puntos de vista de todas las personas o los hechos recabados en las redes sociales, se hace necesario poder procesar eficientemente estos datos. Nuevamente, dado el gran volumen de datos, se vuelve deseable el poder resumir esta información para ser rápidamente consumida.

En el contexto de las redes sociales online, cada día los usuarios publican millones de mensajes cortos con respecto a distintos tópicos, ya sean conversacionales, sobre eventos noticiosos, etc.⁴ Además, el auge de los teléfonos inteligentes o *smartphones* con mayor capacidad de procesamiento e integrados con todo tipo de sensores (cámaras fotográficas, de vídeo, acelerómetro, osciloscopio, etc.), hace posible el generar aun más información y e incluso en tiempo real sobre lo que acontece en el mundo, en Internet, o bien sobre el estado particular de cada usuario.

Este aumento y evolución de la generación de datos no sólo influye en la riqueza de éstos, sino también en el comportamiento de los usuarios a lo largo del tiempo. Actualmente, una gran parte de éstos valora más el contenido de tipo multimedia (imágenes y videos) en las redes sociales online⁵. Este contenido no sólo corresponde a documentos Web en el sentido tradicional, sino a objetos de más alto nivel como *tweets* (mensajes cortos de la red social Twitter), imágenes (de servicios

¹<http://news.google.com/>

²<http://last.fm/>

³<http://twitter.com/>

⁴Pear Analytics. Twitter Study <http://es.scribd.com/doc/18548460/Pear-Analytics-Twitter-Study-August-2009>

⁵The Rise of Visual Social Media <http://www.fastcompany.com/3000794/rise-visual-social-media>. En el artículo se menciona un estudio sobre comportamientos y preferencias de los usuarios en las redes sociales llevado a cabo por ROI Research: http://www.slideshare.net/performics_us/performics-life-on-demand-2012-summary-deck

como Instagram⁶, Tumblr⁷, etc.), vídeos (Youtube⁸, Vimeo⁹) e incluso sonidos (Soundcloud¹⁰). Se hace entonces necesario encontrar formas para satisfacer estas necesidades de los usuarios, las cuales ya han sido abordadas en parte, como la generación de resúmenes automáticos orientado a motores de búsqueda, o la determinación de la relevancia tanto de documentos en la Web como de mensajes en las redes sociales.

Surge como motivación el poder identificar y extraer contenido relevante de lo que está pasando en las redes sociales, clasificados dentro del concepto de eventos, y además avanzar un paso más arriba en el nivel de abstracción: considerar los documentos no por su contenido textual, lo que permite abarcar imágenes, vídeos, sonidos y multimedios en general. Algunas aplicaciones directas de esto son, entre otras:

- Ayudar al trabajo periodístico mediante una colección de contenido multimedia relacionado a un evento noticioso. Por ejemplo, la versión online de Radio Biobío¹¹ frecuentemente publica breves artículos sobre sucesos que tienen impacto en las redes sociales, mostrando un pequeño conjunto de mensajes con comentarios de la gente¹². Una aplicación directa involucraría considerar además contenido multimedia, y organizar este contenido de acuerdo a la relevancia que tiene dentro de las redes.
- Enriquecer la búsqueda en la Web a través de contenido multimedia. Una persona buscando información sobre un concierto podría obtener imágenes y vídeos de éste fácilmente una vez identificado el concierto.
- Siguiendo lo anterior, un grupo musical podría obtener toda la información multimedia asociada a su concierto, tanto para sus fans como para ellos mismos, potenciando su popularidad.
- Poder distinguir entre eventos similares rápidamente. Por ejemplo, un usuario que desee obtener información sobre “Gaza”, puede referirse tanto a la banda de música como al conflicto en Israel. El poder distinguir rápidamente mediante una imagen o un vídeo acelera mucho el proceso. *Una imagen vale más que mil palabras.*

La metodología implementada está pensada como una primera aproximación para satisfacer los ejemplos mencionados.

⁶<http://instagr.am/>

⁷<http://tumblr.com/>

⁸<http://youtube.com/>

⁹<http://vimeo.com/>

¹⁰<http://soundcloud.com/>

¹¹<http://www.biobiochile.cl/>

¹²Como muestra: <http://www.biobiochile.cl/2012/12/01/aporte-de-lustrabotas-de-santiago-a-la-teleton-provoca-admiracion-en-redes-sociales.shtml>, y <http://www.biobiochile.cl/2012/12/01/rechazo-provocan-condicionamientos-de-compra-de-ripley-y-unimarc-para-donar-a-la-teleton.shtml>

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo general

El objetivo principal de este trabajo fue el siguiente:

Diseñar e implementar un sistema que permita generar resúmenes automáticos de *eventos*: información temporal publicada en redes sociales online sobre sucesos en particular. Esta información se basa en contenido textual y multimedial generado por los usuarios de estas redes, cuya relevancia esté basada en el impacto generado en éstas.

1.2.2. Objetivos específicos

1. Extraer datos relacionados a eventos en la Web, principalmente aquellos generados en redes sociales online. Estos datos pueden componerse tanto de información textual como multimedial.
2. Agrupar la información extraída de un evento en subtópicos.
3. Seleccionar los elementos más relevantes de cada subtópico para producir un resumen del evento.
4. Analizar la efectividad de la metodología propuesta sobre un conjunto de eventos noticiosos y conciertos.

1.3. Descripción general de la solución

Para enfrentar el problema se diseñó una solución que consiste en tres componentes, implementadas con diferentes grados de complejidad, siendo posible además mejorarlas en el futuro. Para probar la viabilidad de la metodología, ésta fue aplicada sobre un conjunto de casos de prueba.

En particular:

- Se llevó a cabo un método para la obtención de documentos y enriquecerlos con datos obtenidos de fuentes sociales;
- Se diseñó un procedimiento que separa estos documentos en *clusters*, *sin considerar su contenido*. Sólo se utilizó la información social asociada; y
- Se diseñó además un procedimiento para *rankear* u ordenar los resultados de acuerdo a *relevancia*, siendo ésta medida de acuerdo a la información social asociada a los documentos generados.

Las componentes diseñadas fueron las siguientes:

1. La que obtiene descripciones de eventos a partir de fuentes de éstos en la Web, enriqueciéndolos con información social;
2. Otra componente que procesa y separa los documentos a partir de la información social; genera *objetos Web* y los separa en subtópicos de cada evento, respectivamente; y
3. La componente que entrega los k documentos más relevantes por cada evento obtenido, basándose en los subtópicos identificados.

Capítulo 2

Antecedentes

Para poder describir correctamente tanto el problema como la solución implementada, es necesario dar los punteros y conceptos básicos que los involucran. En este capítulo se discutirán los siguientes tópicos:

- La red social Twitter, la cual es utilizada como fuente de datos y documentos para este trabajo.
- Clustering de documentos, y en general, estrategias de clustering, las cuales tienen muchas aplicaciones prácticas. En este trabajo fue utilizada una de estas estrategias para poder determinar los subtópicos de cada evento.
- La identificación automática de eventos, la cual, si bien se utilizó un enfoque más simple para este trabajo, sirve para indicar en qué aspectos es posible extender este trabajo en el futuro.
- Resúmenes automáticos: una sucinta definición, y algunos enfoques que han existido en el tiempo para este procedimiento.
- Ranking de documentos, o cómo generar órdenes de acuerdo a relevancia.

Casi todos estos tópicos, a excepción del primero, involucran técnicas de Minería de Datos, Recuperación de la Información y Aprendizaje de Máquinas, entre otras áreas.

2.1. Twitter

Twitter es una red social online que permite conectar a personas mediante la comunicación de mensajes cortos, rápidos y frecuentes¹. Estos mensajes son publicados en el perfil del usuario que los emite, pueden ser vistos directamente por los seguidores de este usuario o ser vistos directamente en el perfil o buscándolos mediante una funcionalidad que provee el servicio. Además, un

¹<https://support.twitter.com/groups/31-twitter-basics/topics/104-welcome-to-twitter-support/articles/13920-get-to-know-twitter-new-user-faq>

usuario puede *seguir* a otros para poder ver en su *timeline* o perfil privado los mensajes de todos a quienes sigue.

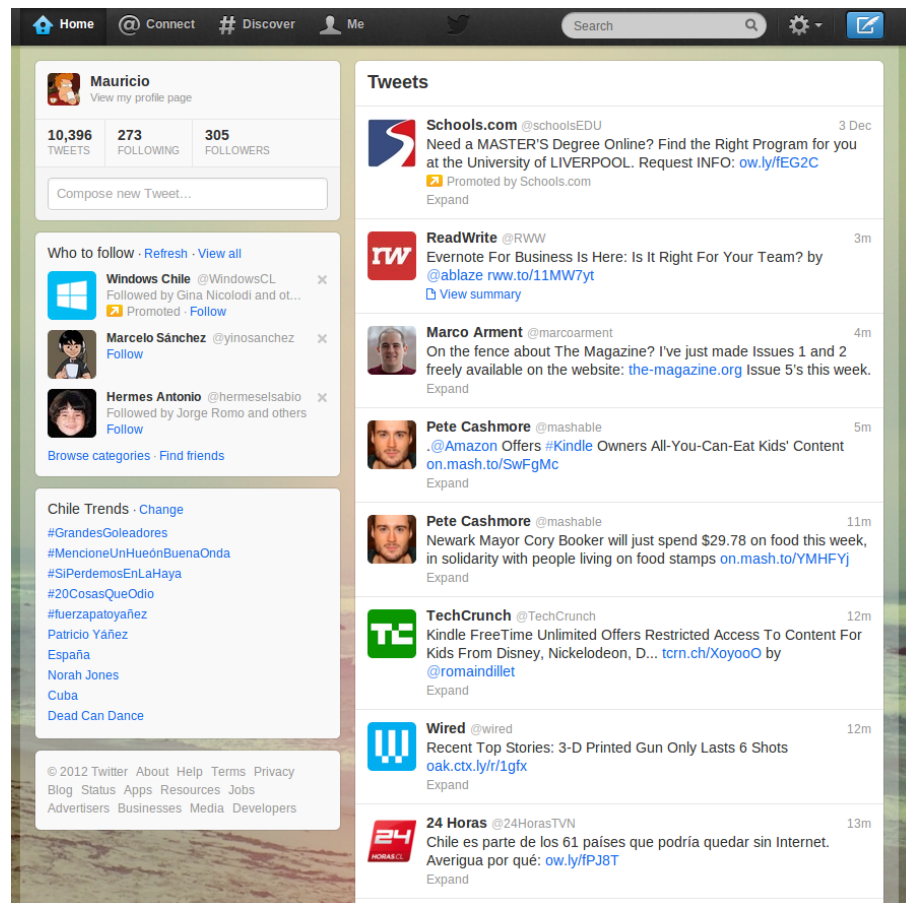


Figura 2.1: Timeline de Twitter. En éste se ve una lista en orden cronológico de los tweets generados por los usuarios que sigue el usuario actual. Además, el sitio incluye tweets promocionados por cuentas que pagan por dicho servicio, como es el caso del primer tweet en la lista.

Estos mensajes, o *tweets*, sólo son cadenas de caracteres con metadatos que el mismo servicio asigna una vez enviado a la red social. Desde sus inicios (año 2007) se han añadido algunas capacidades adicionales a estos mensajes, como la de poner URLs, imágenes, vídeos, etc. Además, existen varias convenciones que han surgido a lo largo del tiempo. A continuación se describe una lista de tipos de mensajes que existen en Twitter, originados por estas convenciones:

1. Respuestas o *replies*: son mensajes del tipo @usuario [texto], que ocurren usualmente en una conversación entre dos usuarios.
2. Menciones o *mentions*: un poco más general a una respuesta, el nombre del usuario mencionado puede estar en cualquier parte del mensaje. La diferencia semántica es que no se le habla “directamente” al usuario mencionado, como en una respuesta, sino que sólo es mencionado por si el mensaje es de su interés o no.
3. *Retweets*: son mensajes del tipo RT @usuario: [texto]. Ocurren cuando se quiere compartir el mensaje de otro usuario, o citarlo para mencionarlo en el mismo mensaje.
4. *Hashtags*: son palabras precedidas por el carácter #, que indican un identificador a cierto

evento o suceso dentro o fuera de la red. Suelen usarse para categorizar de cierta forma un tópico, pero son libres de usarse como los usuarios quieran.

5. Mensaje simple: un mensaje sin menciones ni hashtags.

Ejemplos:

- Mensaje simple: Jason Funk disipa patitos;
- Respuesta: @jason estoy de acuerdo con lo que dices;
- Mención: creo que @jason es una cumbre de sabiduría;
- Retweet: RT @jason: Jason Funk disipa patitos; y
- Hashtag: Estoy escribiendo mi memoria #dcc #summarization

Estos mensajes están limitados a 140 caracteres de extensión. Sumando esto a la integración de la red con otros servicios y dispositivos, y a la cantidad de mensajes publicados cada minuto, permite utilizar esta red como una gran fuente de datos.

Twitter además provee varios servicios adicionales, como por ejemplo, un servicio de acortamiento de URLs, para permitir incluir una URL larga sin perjudicar la cantidad de caracteres restantes para el mensaje; un servicio de alojamiento de fotos y vídeos, para hacer más sencilla la publicación de mensajes multimedia desde dispositivos móviles; un servicio de búsqueda que permite buscar una cantidad determinada de tweets sobre un término de búsqueda o un hashtag, entre otros servicios.

2.2. Clustering de documentos

El análisis de clusters o clustering es el proceso de encontrar grupos de objetos, tal que los objetos en un grupo sean similares entre sí (o relacionados) y que sean diferentes (o no relacionados) a los objetos de otros grupos. Algunas aplicaciones del análisis de clusters son, entre otras:

- Encontrar clusters naturales y describir sus propiedades (*data understanding*);
- Encontrar agrupamientos útiles (*data class identification*);
- Encontrar representantes de grupos homogéneos (*data reduction*);
- Encontrar perturbaciones aleatorias de los datos (*noise detection*);
- Encontrar objetos inusuales (*outliers detection*);
- etc.

Se denomina cluster a un grupo de objetos, mientras que clustering puede referirse al conjunto de clusters o al proceso de encontrarlos. Existen diversos tipos de procesos de clustering, una de las distinciones más importantes es entre los clusters jerárquicos y los particionales:

- Un clustering jerárquico es un conjunto de clusters anidados, organizados más bien como un árbol. Cortando el árbol en cualquier nivel da como resultado un clustering potencialmente distinto.

- El clustering particional es un conjunto de clusters de forma de partición del conjunto total, es decir, cada objeto está contenido en un sólo subconjunto o cluster.

Para describir el proceso aplicado a documentos, primero se describirán los modelos de representación más importantes para, de forma de definir la noción de documento y luego los algoritmos de clustering aplicados a éstos.

2.2.1. Modelos de representación de documentos

Standard Boolean Model

El modelo booleano es un modelo de representación de documentos. En él, los documentos son vectores de *términos*:

$$d = (w_1, w_2, \dots, w_m)$$

Donde un término es un n -grama del texto del documento.

Definición 2.1 *Un n -grama es una secuencia contigua de n ítems a partir de un texto.*

La definición de ítem dependerá de la aplicación: en lenguaje natural el texto a su vez dependerá del idioma, por ejemplo, si el texto está en inglés o en japonés, la distinción entre palabras es distinta para cada uno.

No existe una medida de “similitud” como tal en este modelo, sino que se considera el calce exacto entre los términos de una query q y un documento d . La query puede ser una consulta hecha por un usuario al conjunto de documentos, o bien un documento del mismo conjunto. Una consulta es una fórmula de lógica proposicional que pide los documentos que contengan o no ciertos términos.

Bag of words Model

En el modelo Bag of Words un documento d es representado como un conjunto de pares (w_i, f_i) , $i \in [1..m']$, donde w_i es un término del documento, f_i es la frecuencia de w_i en el mismo, y m' es la cantidad de términos distintos en el documento.

La ventaja principal por sobre el modelo anterior es que permite hacer calces parciales entre consultas y documentos. Este modelo es comúnmente utilizado para hacer clasificación de documentos, por ejemplo, para determinar si un correo electrónico es o no spam.

Vector Space Model

El *Vector Space Model* es un modelo un poco más general que el anterior. Un documento d es representado como un vector de pesos asociados a los términos:

$$d = (f(w_1), f(w_2), \dots, f(w_m))$$

Cada dimensión de este vector corresponde al peso asociado a un término del documento. El peso puede ser directamente la frecuencia del término dentro del documento:

$$\text{freq}(w, d) = |\{w : w \in d\}|$$

O bien, normalizar esta frecuencia para evitar que documentos más largos sean más relevantes sólo por su extensión:

$$\text{tf}_0(w, d) = \begin{cases} 1 & \text{si } w \in d \\ 0 & \text{si no} \end{cases}$$

tf_0 o *Term Frequency* es una primera aproximación a medir la frecuencia de un término en un documento. Sin embargo, esta nueva aproximación sufre de la desventaja de que ahora un documento con una ocurrencia del término será igual de relevante que algún documento que mencione varias veces el término (por ejemplo, un diccionario que tiene el término una vez contra un artículo sobre el tema). Otra alternativa, considera no castigar demasiado a los documentos con pocas ocurrencias, pero tampoco beneficiar mucho a los que tengan muchas:

$$\text{tf}_1(w, d) = 1 + \log(\text{freq}(w, d))$$

La solución más utilizada considera la proporción con respecto al término con más ocurrencias, para esto, se normaliza por el tamaño del documento:

$$\text{tf}(w, d) = \frac{\text{freq}(w, d)}{\max\{\text{freq}(t, d) : t \in d\}}$$

Otro problema que tiene utilizar esta medida como los pesos de los términos, es que un término muy repetido entre todos los documentos que hablan de un mismo tema puede significar que no es muy relevante (por ejemplo, las *stopwords* o palabras vacías, son por lo general las preposiciones, artículos, pronombres, etc.). Para esto, se considera además ponderar por el inverso de la frecuencia entre los documentos; es decir, un término frecuente entre todos los documentos ve su peso castigado a diferencia de un término que sólo es mencionado una vez en un documento. Esta medida es llamada *Inverse Document Frequency* o *idf*:

$$\text{idf}(t, D) = \log \frac{|D|}{1 + |\{d \in D : t \in d\}|}$$

Finalmente, el peso de un término es la ponderación de su frecuencia dentro del documento con el inverso de la frecuencia entre los documentos, o tf-idf:

$$\text{tf-idf}(t, d, D) = \text{tf}(t, d) \times \text{idf}(t, D)$$

Para el resto de este trabajo se considerará la representación de documentos en este modelo.

2.2.2. Medidas de similitud

A lo largo de los años, dos formas han sido las usuales para determinar similitud entre documentos[19]: calculando el coseno de los dos vectores, y la distancia euclidiana. El coseno de dos documentos d_i y d_j se define como:

$$\cos(d_i, d_j) = \frac{d_i^t d_j}{\|d_i\| \|d_j\|}$$

Si ambos d_i y d_j son iguales, entonces la fórmula anterior se evalúa a 1, y 0 si no tienen nada en común, es decir, ambos vectores son ortogonales. La distancia euclidiana entre d_i y d_j se define como:

$$d(d_i, d_j) = \sqrt{(d_i - d_j)^t (d_i - d_j)} = \|d_i - d_j\|$$

En este caso, si la distancia es 0, entonces ambos documentos son idénticos. Y si ambos son ortogonales, la distancia será $\sqrt{2}$.

Si ambos documentos están normalizados (su norma es 1), entonces ambas medidas serán muy parecidas, aun así siendo una de similitud y la otra de distancia.

2.2.3. Algoritmos de clustering

Se considerará la siguiente definición para el problema de clustering:

Dado un entero k y un conjunto de n puntos en \mathbb{R}^v , el objetivo es determinar k puntos tal que se minimice ϕ , la suma de las distancias al cuadrado de cada punto y su centro más cercano.

Este problema es NP-hard, sin embargo, existe un algoritmo que permite realizar una búsqueda local y determinar k centros en un tiempo razonable.

K-means[15] es un algoritmo de clustering particional, en el cual cada cluster tiene un *centroide* asociado, esto es, típicamente, un punto el cual es el promedio de todos los puntos del cluster, y no necesariamente corresponde a un dato real.

El algoritmo genera k clusters, donde k es un parámetro del algoritmo, tal que cada punto pertence al cluster cuyo centroide es el más cercano a éste.

Algoritmo 1: K-means

Data: $k > 0$, conjunto D de puntos

Result: Asignación de cada punto a un cluster $i \in [1..k]$

- 1 Seleccionar k puntos como centroides iniciales;
 - 2 **while** *Los centroides cambien a cada iteración* **do**
 - 3 Formar k clusters asignando todos los puntos al centroide más cercano;
 - 4 Recalcular los centroides de cada cluster;
-

Los clusters generados dependerán de la elección inicial de los centroides, y usualmente basta con pocas iteraciones para la convergencia. La complejidad de este algoritmo es $O(nkIv)$, donde n es el número de puntos, k el parámetro de la cantidad de clusters, I es la cantidad de iteraciones que hará el algoritmo y v es la cantidad de dimensiones de los vectores.

K-means también puede verse desde el enfoque de optimizar una función criterio. La medida más común es la *suma del error cuadrado* o Sum of Squared Error (SSE). Para cada punto, su *error* es la distancia al cluster más cercano:

$$SSE = \sum_{i=1}^k \sum_{x \in C_i} \text{dist}^2(m_i, x)$$

Donde x es un punto en el cluster C_i , y m_i es su centroide. La distancia dist suele ser distancia euclidiana entre los dos puntos. Dados dos clusters, en cada paso se escoge el que tenga menor error.

K-means converge rápidamente a un óptimo, sin embargo, éste puede ser un óptimo local, dado que es altamente dependiente de la elección de los centroides iniciales. Dado que la probabilidad de acertar a los centroides “reales” (precisión) es muy baja, es posible que un clustering tenga un mal error cuadrático, de hecho, el radio competitivo con la solución óptima es no acotado incluso para k y n fijos. Existen varias formas de evitar este problema, por ejemplo, ejecutando varias veces K-means, usar clustering jerárquico para determinar los centroides iniciales, determinar más de k centroides y luego elegir los k más separados, etc.

Un enfoque utilizado es el de usar el algoritmo K-means++[2], el cual tiene como objetivo determinar los centroides iniciales para K-Means. Este algoritmo garantiza un radio competitivo

de $O(\log k)$ con respecto al error cuadrático esperado del óptimo. El algoritmo K-means++ escoge los centroides con cierta probabilidad que depende de la distancia al centroide más cercano, lo cual garantiza una buena elección inicial, y luego continúa con el algoritmo usual. Sea $D(x)$ la distancia de x al centroide más cercano. El algoritmo es como sigue:

Algoritmo 2: K-means++

Data: $k > 0$, conjunto D de puntos

Result: Asignación de cada punto a un cluster $i \in [1..k]$

- 1 Escoger un centroide c_1 al azar uniformemente de D ;
 - 2 Escoger un nuevo centroide c_i , escogiendo $x \in D$ con probabilidad $\frac{D(x)^2}{\sum_{x' \in D} D(x')^2}$;
 - 3 Repetir paso 1 hasta haber escogido k centros;
 - 4 Proceder con K-means estándar;
-

Existen muchas otras variantes para resolver el problema de clustering, principalmente dependientes de la naturaleza de los datos. En la Figura² 2.2 se puede apreciar una comparación entre distintos algoritmos de clustering y los resultados obtenidos. MiniBatch K-means es una variante de K-means que mejora sustancialmente el tiempo de convergencia escogiendo subconjuntos en vez de centroides al inicio, aunque la calidad de los resultados puede ser levemente menor a la del algoritmo clásico[16].

2.2.4. Evaluación de clusters

Existen dos enfoques para evaluar clusterings: validación interna y externa³ La validación interna considera evaluar el clustering con respecto a los datos que han sido agrupados (es decir, sin información adicional), mientras que la evaluación externa considera datos adicionales, como etiquetas a los datos determinadas con anterioridad.

La idea básica detrás de las medidas internas directamente de la definición de clustering. Una buena solución debería agrupar objetos en varios clusters, de forma que los objetos dentro de un cluster sean más similares entre sí, y que los objetos de clusters distintos lo sean lo menos posible. La calidad de la solución se mide en términos del promedio de la similitud interna, y en términos del promedio de la similitud externa, y el radio entre estos dos promedios. Entre más alto es el radio, mejor es la solución entregada.

Por otra parte, dos de las métricas para validación externa más usadas para evaluar clusterings, según [19] son:

- **Entropía:** mide cómo son distribuidas las clases de documentos entre cada cluster. Se define formalmente como:

²Imagen obtenida de http://scikit-learn.org/dev/auto_examples/cluster/plot_cluster_comparison.html

³http://en.wikipedia.org/wiki/Cluster_analysis#Evaluation_of_clustering_results

$$E(C_r) = -\frac{1}{\log q} \sum_{i=1}^q \frac{n_r^i}{n_r} \log \frac{n_r^i}{n_r}$$

donde q es el número de clases en el dataset, y n_r^i es el número de documentos de la i -ésima clase que fue asignado al r -ésimo cluster C_r . La entropía del clustering se define como la suma ponderada de la entropía de cada cluster:

$$\text{Entropía} = \sum_{r=1}^k \frac{n_r}{n} E(C_r)$$

Un clustering perfecto tendrá clusters tal que cada cluster contenga documentos de una sola clase, en ese caso la entropía será 0. En general, conviene tener bajos valores de entropía.

- **Pureza:** mide la cantidad de documentos de la clase más grande en un cluster dividida por el tamaño del cluster. La pureza de un cluster C_r se define como:

$$P(C_r) = \frac{1}{n_r} \max_i \{n_r^i\}$$

A mayor pureza, se considera que mejor es la solución.

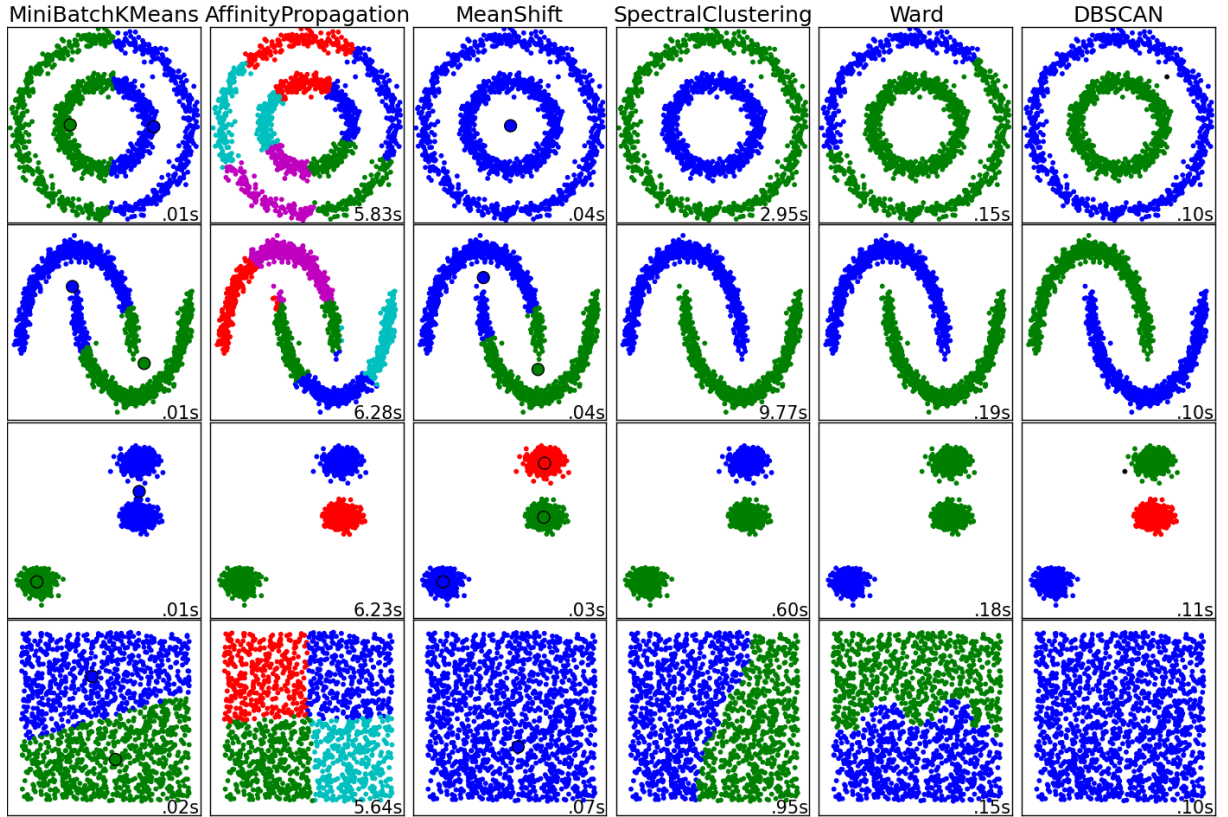


Figura 2.2: Comparación de algoritmos de clustering. En la figura se muestran las características de distintos algoritmos de clustering sobre datos en 2 dimensiones. El último caso muestra datos uniformes en el cual sólo habría 1 cluster.

2.3. Identificación automática de eventos

La identificación automática de eventos consiste en, dado un conjunto de documentos, donde cada documento está asociado a un evento (desconocido), poder particionar el conjunto de documentos en clusters, de forma que cada cluster corresponda a todos los documentos asociados a un evento.

La definición de “evento” dada por [18], considera lo siguiente:

Definición 2.2 *Un evento es un suceso que ocurre en un período de tiempo determinado y en un lugar específico.*

Otra definición de “evento” considera además la información asociada a éste[1]:

Definición 2.3 *Un evento es una ocurrencia en el mundo real e con (1) un período de tiempo asociado T_e , y (2) una secuencia ordenada cronológicamente de mensajes M_e de volumen sustancial, que discuten la ocurrencia y que son publicados durante el período T_e .*

Si los eventos son conocidos con anticipación, el problema consiste en recuperar documentos que los discutan. Las fuentes de datos son por lo general muy especializadas, por ejemplo, en el caso de las noticias[10] o documentos estructurados, donde es posible utilizar técnicas de procesamiento de lenguaje natural para detectar características de los documentos y utilizar un clasificador para identificar el evento al cual pertenecen. Algunos trabajos utilizan otras fuentes de datos, tal como de fotografías o vídeos, donde estas tienen sus propias características (descripción, tags, coordenadas geográficas, marca de tiempo, etc.), las cuales son aprovechadas para aplicaciones ad-hoc[14]. Otros esfuerzos consideran utilizar distintas fuentes de datos y aprender sus características, combinándolas todas utilizando alguna metodología entrenada con anticipación, tales como [4], o [3], en el cual se generan distintas queries de manera automática para realizar búsquedas de documentos en la Web, basadas en las características de los eventos. Esto permite enriquecer los eventos con información variada sobre ellos.

Cuando los eventos no son conocidos con anticipación, algunos de los enfoques mencionados anteriormente también pueden ser utilizados, por ejemplo, suponer que ocurre un evento si muchos documentos (imágenes, vídeos, tweets, etc.) fueron generados en la misma zona geográfica en un período acotado de tiempo, como en [14], o si se publican muchos mensajes de un tópico en particular en un período acotado (llamado un *burst* o ráfaga de mensajes); en ese caso también se pueden identificar eventos cuando el tópico es conocido, por ejemplo, en [7] utilizan eventos deportivos para identificar las partes más relevantes de cada partido, basándose en los bursts de tweets ocurridos en Twitter.

2.4. Resúmenes automáticos

Debido a la gran cantidad de información en Internet, los sistemas de *Information Retrieval* (IR) se volvieron necesarios para la extracción de contenido relevante a partir de los documentos encontrados. Sin embargo, dada aún la gran cantidad de documentos retornados por estos sistemas, un siguiente nivel de abstracción ha sido necesario para éstos, el cual es la necesidad de construir resúmenes de estos documentos[12]. Un survey más exhaustivo sobre el tema puede ser consultado en [9].

Entre las múltiples aplicaciones de los resúmenes automáticos se pueden mencionar:

- Extracción de información de múltiples fuentes;
- Rápida adquisición de conocimiento;
- Responder preguntas automáticamente de tópicos muy específicos;
- Generación de reseñas biográficas, etc.

Los resúmenes pueden ser clasificados según los siguientes criterios:

- **Detalle:** Indicativo / Informativo;
- **Granularidad:** Específico a un evento / Mirada general;
- **Técnica:** Extractivo / Abstractivo;
- **Contenido:** Generalizado / Basado en consulta; y
- **Aproximación:** Dominio / Específico de un género / Independiente.

Las categorías más importantes a la hora de clasificar un resumen son la técnica y el contenido, mientras que otra forma de clasificar resúmenes se basa en la entrada de la aplicación: resumen de un solo documento o bien multi-documento.

Un resumen extractivo apunta a extraer las oraciones más importantes de un documento, mientras apunta a mantener una baja redundancia en el resumen. Un resumen abstractivo es más complejo: la idea es poder generar un resumen utilizando palabras no necesariamente sacadas de los documentos, o dicho de otra forma, estos sistemas intentan *comprender* el contenido de los documentos de forma de generar un resumen abstracto. La forma clásica de generar resúmenes es utilizando métodos extractivos, dada la complejidad y baja calidad aún de los enfoques abstractivos.

El criterio de contenido de un resumen se basa principalmente en cuál es la base para generarlo: si es basado en consulta, entonces la entrada del sistema es una frase y el resumen intenta encontrar las frases u oraciones más similares a la consulta, como una especie de respuesta a una pregunta. Un resumen de contenido general simplemente genera un resumen de todo el o los documentos de la entrada.

Existen diversos enfoques para generar un resumen en base a uno o múltiples documentos: el más usual es utilizando clustering. Sin embargo, a veces son consideradas algunas características propias del documento: por ejemplo, si son noticias, usualmente las primeras oraciones del texto

contienen la información más relevante[5]. Algunas características generales usuales son:

- Ocurrencia de palabras clave: oraciones con palabras clave usualmente son usadas en el resumen.
- Palabras claves de título: a su vez, oraciones que contengan palabras del título también son consideradas importantes.
- Heurísticas de ubicación: como fue mencionado, según la naturaleza del documento, la ubicación de las frases tienen cierta relevancia, tales como en documentos noticiosos, o artículos técnicos.
- Frases indicativas: “en este informe”, o “en conclusión”.
- Frases cortas: usualmente las frases muy cortas no son tomadas en consideración.
- Características de palabras en mayúsculas: acrónimos o nombres propios son considerados importantes.

Entre las distintas estrategias para generar resúmenes, aparte de clustering usando una representación adecuada de los documentos, se cuentan:

- Similitud directa entre documentos, usando el coseno de los vectores;
- Aproximaciones usando teoría de grafos, en el cual, por ejemplo, cada nodo es una frase, y una arista existe entre dos nodos si su similitud está sobre un umbral; luego se determina la centralidad de los nodos mediante un camino aleatorio u otras estrategias;
- Usando aprendizaje de máquinas: mediante un clasificador aprender las características de un conjunto de prueba;
- Utilizando modelos más elaborados, como Modelos Ocultos de Markov⁴ para determinar características ocultas entre los datos, como fue usado en [7]; etc.

Evaluación de resúmenes: ROUGE (*Recall Oriented Understudy for Gisting Evaluation*)[13] es una medida intrínseca para la evaluación semi-automática de resúmenes. No es tan efectiva como una evaluación hecha por humanos, dada la naturaleza del problema, pero es más conveniente y escalable.

Dado un documento D y su resumen automático X , y M personas que generan un resumen de referencia sobre D , ROUGE- n se determina de la siguiente forma:

$$\text{ROUGE-}n = \frac{\sum_{S \in \text{Ref}} \sum_{n\text{-grama } i \in S} \min(\text{count}(i, X), \text{count}(i, S))}{\sum_{S \in \text{Ref}} \sum_{n\text{-grama } i \in S} \text{count}(i, S)}$$

Donde Ref es el conjunto de resúmenes de referencia, y count cuenta las ocurrencias del n -grama i en X o S . ROUGE- n mide la cantidad de n -gramas de los resúmenes de referencia que aparecen en el resumen automático, por lo que es necesario que hayan muchos resúmenes de referencia dada la potencial subjetividad a la que son sujetos.

⁴http://en.wikipedia.org/wiki/Hidden_Markov_model

2.5. Ranking de documentos sociales

Siguiendo este proceso, primero identificando eventos, luego generando resúmenes a partir de ellos, el último paso corresponde a determinar, a partir de un conjunto pequeño de documentos (que si bien, no corresponden directamente a un *resumen* de acuerdo a lo dicho en la sección anterior, puesto que estos resúmenes consideran la extracción de frases a partir de los documentos, y no documentos enteros), cómo determinar cuáles son más relevantes que otros. Otra aplicación directa consiste en determinar, más que relevancia, *importancia* de un documento o mensaje, de acuerdo a características propias de éste o bien de su autor. En [6], los autores determinan una metodología para verificar automáticamente la *credibilidad* de mensajes en Twitter, usando para ello indicadores obtenidos tanto de los mensajes como de sus autores.

En este aspecto hay varias alternativas para generar rankings de documentos:

- Si los documentos son documentos Web, existen varias estrategias, correspondientes principalmente al campo de IR y motores de búsqueda (PageRank, HITS, etc.), como puede ser visto en [17].
- Si se toma en consideración el contenido en texto de los documentos (por ejemplo, noticias, documentos legales, históricos, técnicos, etc.), teniendo como base una consulta, se pueden utilizar métricas de similitud para ordenar los documentos de acuerdo a la similitud a la consulta. Si no existe una consulta, se utiliza esta medida entre los mismos documentos.
- Si los documentos corresponden a mensajes cortos, como usualmente es visto en los medios sociales, existen algunas aproximaciones que utilizan metodologías de Learning to Rank para entrenar un sistema de *ranking* de documentos. Un trabajo empírico puede ser consultado en [11]. Learning to Rank⁵ es un problema semi-supervisado de aprendizaje de máquinas para construir un modelo de ranking de datos, es decir, poder generar una permutación de los datos de acuerdo a ciertos criterios que pueden ser entrenados con anticipación por este modelo.

⁵http://en.wikipedia.org/wiki/Learning_to_rank

Capítulo 3

Especificación del Problema

El problema a resolver consistió en poder *resumir* eventos en base al contenido textual y multimedial de la información publicada en medios sociales, tales como las redes sociales online.

Un resumen de un evento se consideró como una selección de elementos relevantes y descriptivos del evento. Estos elementos corresponden a documentos u *objetos Web*: artículos, noticias, *tweets*, fotografías, vídeos, sonidos anotados, etc. Estos documentos deben ser descriptivos y poco redundantes: un pequeño grupo de documentos que permita describir el evento. Nótese que los objetos Web son objetos de alto nivel: no es sólo texto o contenido multimedia, sino que se consideran como objetos con información *social* asociada, como la autoría del documento, tags o etiquetas, comentarios de consumidores (usuarios), viralidad en la Web, etc. Un resumen en este sentido no constituye una selección de datos de distintos documentos, sino que la selección íntegra de un documento que sea relevante y a su vez descriptivo del evento, filtrando o descartando los que no lo son.

Se consideró un evento como una ocurrencia en el mundo real con un período de tiempo asociado y un conjunto de documentos, de volumen considerable, que discuten el acontecimiento y además son publicados dentro del período de tiempo asociado.

El resumir un evento consiste en entregar un subconjunto de mensajes o de documentos mencionados en ellos que tengan relación directa con el evento en cuestión. Por ejemplo, el evento *Anef* anuncia movilización nacional contiene muchos mensajes, tales como:

- RT @econtingencia: Reajuste: Trabajadores del sector público convocan a movilizaciones: La negociación entra a su recta final: El 1... h ...
- CUT de La Araucanía se adherirá a marcha nacional en rechazo a reajuste salarial: La Central Unitaria de Trabaja... <http://t.co/IcgohlTR>
- Reajuste: Trabajadores del sector público convocan a movilizaciones <http://t.co/pWC7q6NI>
- RT @biobio: CUT de La Araucanía se adherirá a marcha nacional en rechazo a reajuste salarial ofrecido por el Gobierno <http://t.co/IOieDido>

- <http://t.co/ttFp0XgH> Trabajadores del sector público anuncian movilizaciones
- RT @DanielaLopezLv: <http://t.co/ttFp0XgH> Trabajadores del sector público anuncian movilizaciones
- RT @Barbara_figue: Reajuste: Trabajadores del sector público convocan a movilizaciones <http://t.co/DeXKACSR> vía @nacioncl

El resumen consistirá en una colección de objetos, documentos o mensajes, donde en este caso los documentos están representados por las URLs contenidas en los mensajes, de forma que esta colección represente lo mejor posible el evento, siendo de tamaño considerablemente menor al total de mensajes/documentos del evento; garantizando además baja redundancia entre ellos.

El problema de identificar contenido multimedial en medios sociales a partir de eventos de por sí es un problema desafiante dada la heterogeneidad y la naturaleza ruidosa de los datos: los mensajes son breves, y pueden contener errores gramaticales o de ortografía; además, pueden ser ambiguos respecto al evento que están haciendo referencia (por ejemplo, un mensaje que mencione la palabra “Gaza” puede referirse al conflicto en medio oriente o bien a la banda musical “Gaza”).

Este problema no ha sido abordado en profundidad con anterioridad, si se considera el aspecto social para la medida de relevancia, sino que los esfuerzos se han concentrado principalmente en la generación de resúmenes textuales por una parte[8, 1, 5, 10], y en la recolección de contenido multimedia para eventos por otra[3, 14, 4]. Sin embargo, aún no han habido muchos esfuerzos en cuanto a utilizar la información social asociada a los documentos para generar medidas de relevancia en la generación de resúmenes visuales automáticos.

Algunas aplicaciones de una solución al problema planteado son:

- Poder distinguir entre dos eventos rápidamente, por ejemplo, si “Gaza” se refiere al evento musical o al conflicto en medio oriente.
- Comprender la información contenida en grandes fuentes de datos rápidamente mediante un resumen visual.
- Mejorar la calidad del servicio de distintos rubros, al conocer de manera más eficaz el feedback de los usuarios (por ejemplo, un *review* en vídeo del tablet Nexus 7 de Google, o fotografías de baterías de teléfonos móviles que explotan sin razón aparente).
- Tener información más completa sobre eventos musicales, por ejemplo, una persona que quiera asistir a un festival de música puede ver rápidamente fotografías y vídeos del evento realizado en otras partes, para poder tomar una mejor decisión.
- Mejorar el trabajo periodístico, al tener mejor cobertura de eventos masivos como manifestaciones o eventos políticos como elecciones o discursos, entre otros.

Capítulo 4

Descripción de la Solución

La solución propuesta consistió en generar un resumen utilizando documentos representados apropiadamente con la información de medios sociales que los mencionan. La relevancia de estos documentos también se obtuvo con la información social más otros indicadores de la solución parcial.

Para esto, se asume que existe una fuente de eventos, de esta forma, el enfoque de la solución radica principalmente en la selección y ordenamiento de los elementos, o generación de resúmenes, y no en la identificación de eventos en medios sociales.

La Figura 4.1 muestra de manera general el modelo propuesto. El modelo considera varias etapas: obtención de eventos, enriquecimiento desde medios sociales para la generación de documentos, identificación de subtópicos y la selección de los k más relevantes.

1. La obtención de eventos consiste en la recolección de metadatos sobre eventos del mundo real, para esto se asume una fuente existente, siendo el problema de identificación de eventos fuera del alcance de este trabajo.
2. Con los metadatos recolectados, se realizan búsquedas en medios sociales para la obtención de mensajes a partir de estos metadatos. Con estos mensajes, se generan documentos utilizando la información que contienen, mediante una representación adecuada.
3. Se identifican los subtópicos de cada evento a partir de los documentos, generando clusters de documentos.
4. Finalmente, se utiliza la información social de los documentos (obtenida a partir de los medios sociales) para generar una medida de relevancia, y poder seleccionar los k documentos más relevantes.

Se utilizaron las API de Google News y de Last.fm para la obtención de eventos: noticias y conciertos, respectivamente. Para el enriquecimiento de los eventos se utilizó la información social que provee la red social Twitter y su API de búsqueda de *tweets*. De la misma forma, se consideraron los metadatos de los mismos mensajes para medir la relevancia de los documentos generados.

Un documento es identificado por la URL que lo ubica en la Web. El contenido no es más que

la concatenación de los tweets que mencionan al documento. Se realizó una limpieza y preprocesamiento de los datos, quitando las *stopwords* y realizando *stemming* sobre el contenido en texto. Luego, se aplicó *tf-idf* sobre los documentos, representándolos como vectores en el *space vector model*. Para identificar los subtópicos o clusters de un evento se utilizó el algoritmo de clustering *k*-means sobre los vectores.

Para el ranking de los documentos se decidió usar una ponderación simple sobre una serie de indicadores que dependen de los tweets y de las URLs de cada evento.

Entre las herramientas utilizadas, se usó lenguaje de programación Python, varias librerías para el manejo de datos (tales como *nltk*, *scipy*, *scikit-learn*, por nombrar las más importantes), el sistema de almacenamiento Redis, entre otras herramientas que son mencionadas en la descripción detallada de la solución.

En la Sección 4.1 se describe el modelo utilizado para la implementación, con una especificación detallada de la solución. En la Sección 4.2 se describe la metodología de desarrollo y la implementación práctica realizada para representar el modelo formal, la cual considera la obtención de datos dentro del proceso. Luego se comentan los problemas técnicos que fueron enfrentados para terminar en la Sección 4.4, donde se discuten un par de casos de estudio sobre los resultados

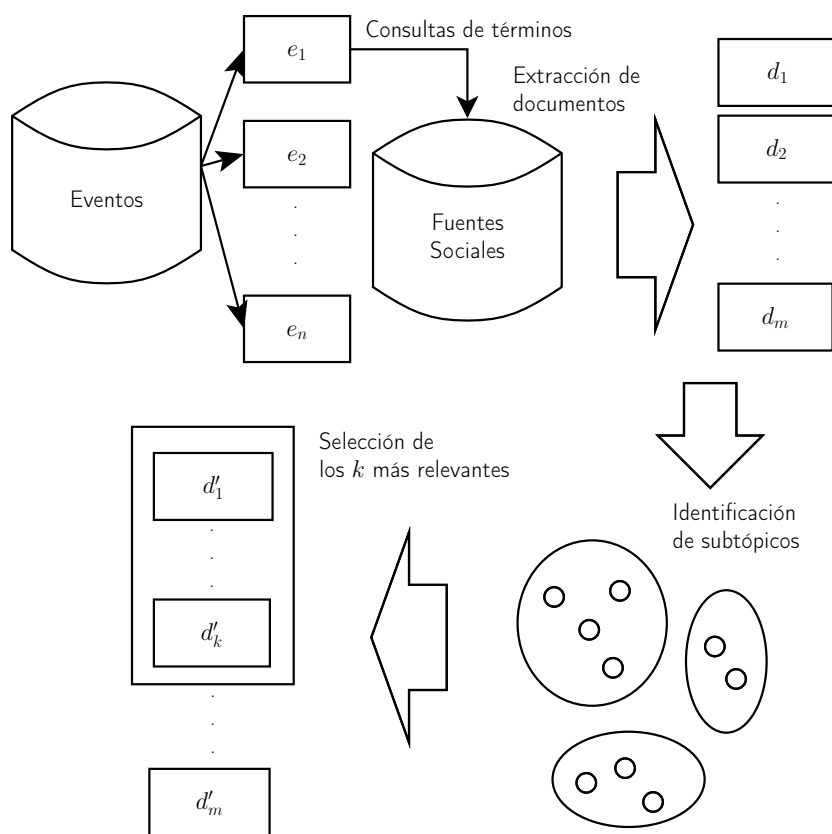


Figura 4.1: Vista general de la solución. En ésta se pueden apreciar las etapas de la metodología: (1) obtención de los eventos, (2) generación de los documentos a partir de mensajes obtenidos de medios sociales, (3) identificación de subtópicos de cada evento, y (4) selección de los k más relevantes.

obtenidos.

4.1. Descripción detallada

Para enfrentar el problema descrito se decidió utilizar una representación apropiada de los documentos que permita abstraerse de su contenido, utilizando la información social asociada a éstos. Se decidió que el problema de identificación de eventos está fuera del alcance de este trabajo, por lo cual, se asume que los eventos son dados como *input* a la solución diseñada. A partir de un evento determinado, se identifican los subtópicos del evento utilizando los documentos, y luego, para cada subtópico se determinan los documentos más relevantes utilizando esta información social.

Para esto, fue necesario contar con dos *fuentes de datos*: una fuente de eventos y otra de *contenido social*, en la forma de mensajes y actualizaciones de estado.

Se asumió que estas fuentes satisfacen los siguientes requerimientos:

- La fuente de eventos debe entregar una lista de eventos rápidamente, la cual debe contener los siguientes datos para cada entrada:
 - Un título del evento y *términos asociados*. Los términos asociados son breves frases o palabras que describan al evento, como por ejemplo, tags o etiquetas.
 - Como datos opcionales: breve descripción del evento, fecha de inicio y término, ubicación y direcciones Web.
- La o las fuentes de contenido social deben entregar una lista de mensajes, con algunos metadatos tales como la fecha de creación, si el mensaje fue compartido, etc. Además, algunos datos sobre el autor del mensaje, como la cantidad de conexiones en la red, y en general, datos que permitan comparar dos autores.

Utilizando estas fuentes, el primer paso correspondió a obtener una lista de eventos con los documentos asociados. Recuérdese que un evento se definió como un acontecimiento dentro de un período de tiempo T y una lista de objetos Web d_1, d_2, \dots, d_m asociados al evento en cuestión. Cada evento e entonces se representa mediante los objetos Web que lo mencionan.

Para generar una lista de eventos con sus objetos Web asociados, se obtuvieron mensajes de fuentes sociales M_j , los cuales pueden mencionar un objeto Web identificándolo mediante una URI. Como puede darse el caso (y es deseable que suceda) que dos (o más) mensajes M_j y $M_{j'}$ mencionen al mismo objeto Web, en el sentido de que las URIs que contienen apunten al mismo recurso o a recursos equivalentes (no siendo las URIs necesariamente iguales), se consideró un documento d con M_j y $M_{j'}$ como componentes. El proceso entonces consideró tomar todos los mensajes que mencionan al mismo objeto Web y juntarlos para generar un único documento d .

Por lo tanto, obtenida una lista de eventos e_i , $i \in [1..n]$ a partir de las fuentes de eventos, se obtuvieron mensajes M_j , $j \in [1..n_i]$ de las fuentes sociales, dentro de un intervalo de tiempo cercano a T , que hablan de e_i . Con éstos, se generaron documentos $d_k = (M'_1, M'_2, \dots, M'_{|d|})$, $k \in$

$[1..m]$ que corresponden a objetos Web que mencionan al evento, y los mensajes $M'_{k'}$ corresponden a los mensajes que tienen como URI al objeto en cuestión.

A continuación, utilizando una representación en *vector space model* de los documentos, se generaron clusters de documentos de un mismo evento, identificando los subtópicos. Con ellos fue posible generar un resumen que abarcara todos los aspectos del evento, en contraste con seleccionar directamente los documentos más relevantes del evento en su conjunto, lo cual puede dejar puntos de vista sin ser considerados por su extensión.

Finalmente se seleccionaron los $k > 0$ documentos más representativos de cada cluster, utilizando como criterio los metadatos de los mensajes de la fuente social. De esta forma, se ordenan los documentos dejando como más “relevantes” los que más interés atraen de los usuarios.

4.2. Metodología de desarrollo e implementación

La implementación consistió en las siguientes etapas:

- Obtención del dataset de eventos y documentos.

Para esto, se utilizaron dos fuentes de eventos: Google News y Last.fm para recolectar noticias y conciertos musicales (incluidos festivales), respectivamente. Como fuente de datos sociales se utilizó la red social Twitter, que dispone de una API para realizar búsquedas por *keywords*. Esta etapa comprendió la recolección de eventos y de documentos con información social asociada a éstos.

- Generación de clusters para la identificación de subtópicos para cada evento.

Una vez identificados los eventos y los documentos asociados, se generaron clusters usando el algoritmo K-means con K-means++ para la inicialización. Se impuso un valor de $k = 5$ clusters por evento. En la sección de casos de estudio se discuten las alternativas y la evaluación de algunos clusters del dataset.

- Extracción de documentos relevantes para cada evento.

Una vez identificados los subtópicos de cada cluster, se extrajeron de éstos los documentos más relevantes, utilizando la información social de cada uno de ellos, en conjunto con otros indicadores globales del clustering (como que incluyan una URL dentro de las más mencionadas dentro del cluster, entre otras). Estos documentos corresponden al output o salida del sistema.

4.2.1. Obtención de datos

Se describe a continuación el proceso diseñado para la obtención de datos, tanto de eventos como de documentos con sus indicadores sociales respectivos.

Las etapas de generación del dataset fueron las siguientes:

- Recolección de eventos (noticias y conciertos);
- Enriquecimiento de los eventos existentes mediante tweets; e
- Identificación de documentos a partir de los tweets por cada evento.

Se recolectaron datos (eventos y tweets) desde el 19 de noviembre de 2012 hasta el 30 de noviembre del mismo año, todos los días desde la medianoche hasta que el proceso termina exitosamente.

Recolección de eventos

Se consideraron dos tipos de eventos para el sistema: noticias y conciertos musicales. Los conciertos incluyen festivales de varios artistas.

• Noticias

Para obtener las noticias, se utilizó el servicio de Google News. Existe una API (en proceso de obsolescencia¹, pero funcional a la fecha de este trabajo) que permite obtener no sólo los titulares y breve descripción de cada noticia, sino también un conjunto de entre 4-10 noticias relacionadas de otras fuentes. Esto sirvió para alimentar los términos de búsqueda para la etapa siguiente. Se guardaron los siguientes datos de una noticia:

- Título,
- Descripción,
- URL de la fuente, y
- Titulares de las noticias relacionadas.

• Conciertos

Utilizando el servicio de Last.fm para obtener los conciertos y festivales de una ubicación en particular², se obtuvieron los conciertos y festivales de las siguientes ubicaciones:

- Santiago, Chile;
- Londres, Inglaterra;
- Glastonbury, Inglaterra;
- Las Vegas, Nevada, EE.UU.; y
- Estocolmo, Suecia.
- Título del evento (concierto o festival);
- Artistas que participan; y
- Fechas de inicio y término (esta última no siempre está como dato).

Además de otros datos descriptivos, como la ubicación, descripción breve, sitio web de la banda o festival, etc.

Cada vez que se obtienen los eventos se vuelven a obtener los conciertos, pero sólo agregando los nuevos. Las noticias siempre son nuevas, aun así por implementación no se consideraron los repetidos.

¹<http://googlecode.blogspot.com/2011/05/spring-cleaning-for-some-of-our-apis.html>

²<http://www.lastfm.es/api/show/geo.getEvents>

Enriquecimiento de eventos

Se obtuvieron tweets utilizando el servicio de búsqueda que provee Twitter en su API³. El objetivo es enriquecer los eventos con la información social que hay en la Web sobre éstos.

Para cada uno de los eventos obtenidos en la fase anterior, se utilizaron los términos de búsqueda asociados a ellos: los titulares de las noticias relacionadas y los nombres de los artistas para los eventos noticiosos y musicales, respectivamente.

- Para las noticias, se hace una búsqueda en Twitter de los titulares al mismo tiempo en que se obtienen de Google News, y nuevamente al día siguiente, es decir, 2 búsquedas por cada titular de un evento. Se quitan las tildes y caracteres no ASCII y las stopwords, para evitar problemas con la implementación y no hacer calce de stopwords en la búsqueda de Twitter.
- Para los conciertos y festivales, se utilizaron los nombres de los artistas y del evento como términos de búsqueda. De acuerdo a la información asociada al evento, se busca por una mayor cantidad de días:
 - Se busca desde un día antes de inicio del evento;
 - Si está presente la fecha de término del evento, se busca cada día dentro del intervalo “fecha de inicio” a “fecha de término” hasta tres días terminado el evento.
 - Si no está presente la fecha de término (por ejemplo, un concierto o un festival de un día), se busca hasta tres días pasada la fecha de inicio.

Identificación de documentos a partir de tweets

Luego de obtener los tweets asociados a cada evento, el siguiente paso fue generar los documentos que fueron usados para la generación de los resúmenes. Nuevamente, el modelo consistió en que cada documento se modeló como un vector de palabras, donde el identificador del documento es una URL, y sus componentes corresponden al contenido de los tweets que tienen esa URL en el texto del mensaje.

El caso en el que un tweet no tenía ninguna URL en su contenido fue abordado de la siguiente forma: la URL asociada es una tal que representa al mismo tweet (utilizando el servicio de Twitter), y el contenido de ese documento es el mismo tweet, de forma de no dejar el tweet sin ser representado.

Este proceso fue abordado recorriendo todos los eventos del dataset, observando todos los tweets asociados a cada evento, extrayendo la URL si es que hay alguna y guardando el documento con el nuevo tweet. Se marcan los tweets observados para no tener que repetir el proceso, ya que es intensivo en conexión a la red.

Dada la condición breve de los mensajes publicados en la red social, muchos de los usuarios y/o servicios que publican mensajes con una URL en su interior suelen utilizar *acortadores* (o *url*

³<https://dev.twitter.com/docs/api/1.1/get/search/tweets>

shorteners) para los enlaces, y así no utilizar mucho espacio dentro de un mensaje. Otra ventaja que ofrecen es que algunos servicios como Bit.ly⁴ dan estadísticas sobre los visitantes a estos enlaces (y así saber quiénes vienen de cierta red social u otra, por ejemplo). Twitter, a su vez, actualmente también ofrece acortamiento de URLs por defecto. Esto suele producir que un enlace acortado se resuelva a otro enlace también acortado, por lo que es necesario resolver la URL completa para evitar duplicados o *pseudo-duplicados* (en el caso en que dos URLs sintácticamente distintas apunten al mismo recurso). En la Figura 4.2 se puede apreciar un ejemplo de cómo estos enlaces pueden apuntar al mismo recurso, por lo cual hay que resolverlos completamente para evitar pseudo-duplicados.

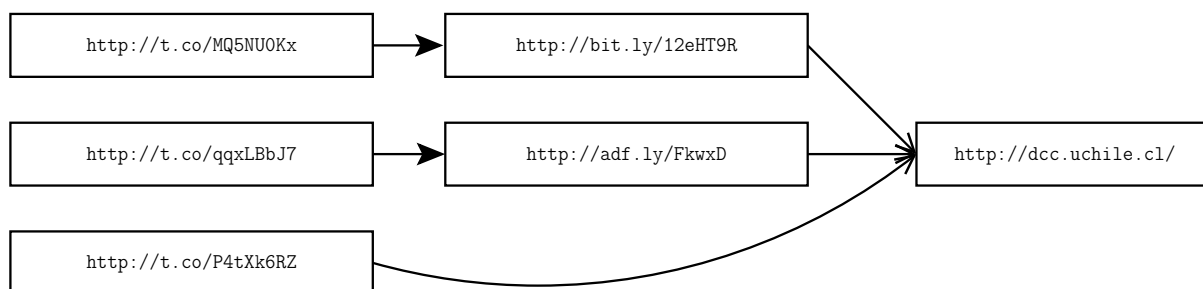


Figura 4.2: Ejemplo de enlaces acortados. Los dos primeros se resuelven primero a otros enlaces cortos que finalmente se resuelven a un nodo terminal (que se resuelve a su misma URL). El tercer link se resuelve directamente al nodo terminal.

Por lo anterior, una vez identificada la URL del texto de un tweet, se resuelve su URL completa (que puede ya serlo de antemano), lo que consume recursos de ancho de banda y tiempo considerable comparado con el resto del proceso.

Una vez identificada la URL, si existía el documento previamente, se añade el tweet a éste, sino se crea un nuevo documento cuyo identificador es la URL encontrada:

```

Event: Kamelot
Event type: Concert
Document URL: http://www.youtube.com/watch?v=pkizOTc_tTw&feature=related
Document content:
['#np Kamelot - Can You Remember? :http://t.co/s7MUh7VW',
 'RT @El__Azar: #np Kamelot - Can You Remember? :http://t.co/s7MUh7VW']
  
```

4.2.2. Identificación de subtópicos

Una vez recolectados tanto los eventos como generados los documentos asociados, se procedió a identificar los subtópicos de cada evento. Para esto, se utilizó el algoritmo K-means para construir clusters a partir de todos los documentos de un solo evento.

Dado un evento representado por sus documentos, un subtópico de éste es un cluster de documentos, tal que los documentos dentro del cluster son más similares entre sí que con el resto de los

⁴<http://bit.ly>

documentos que no pertenecen a ese cluster. Visto de otro punto de vista, corresponde a una arista o punto de vista del evento. Por ejemplo, para el evento “Tel Aviv”, el cual trata principalmente de que fueron arrestados sospechosos de un atentado explosivo, tiene distintos subtópicos: el hilo principal, en el cual fueron arrestados sospechosos del atentado; un recuento de atentados previos en la misma zona; declaraciones de autoridades sobre el hecho, entre otros.

Como se mencionó anteriormente, los documentos consisten en vectores del tipo $d_{\text{URL}} = (t_1, t_2, \dots, t_m)$, donde t_i es el tweet i -ésimo que contiene a URL dentro del texto del mensaje. Para poder aplicar un algoritmo de clustering, fue necesario procesar nuevamente estos documentos para representarlos como vectores usando el vector space model. El procedimiento consta de dos partes, “normalizar” los documentos, limpiando los términos que puedan afectar al clustering, y luego aplicar tf-idf sobre los documentos normalizados:

Algoritmo 3: Preprocesamiento de documentos

Data: Conjunto de documentos D_e

Result: Conjunto de strings D'_e ,

```

1  $D'_e \leftarrow \emptyset$ ;
2 for documento  $d \in D_e$  do
3    $d' \leftarrow \varepsilon$ ;
4   for tweet  $t \in d$  do
5      $t' \leftarrow \text{clean}(t)$ ;
6      $d' \leftarrow \text{concat}(d', t')$ ;
7    $D'_e \leftarrow D'_e \cup \{d'\}$ ;
```

Donde ε es el string vacío, $\text{concat}(a, b)$ retorna la concatenación de a y b , y clean realiza las siguientes operaciones sobre el tweet:

- Remueve las URLs que contenga el texto;
- Remueve todas las menciones;
- Quita los caracteres “#”, dejando los *hashtags* intactos;
- Quita las tildes, acentos, stopwords; y
- Realiza stemming en español o inglés dependiendo del idioma del evento dado por los metadatos de éste. Se utilizó el Snowball Stemmer⁵ para esto.

Una vez normalizados los documentos, se convierten a la representación como vectores con

⁵<http://snowball.tartarus.org/>

pesos por cada término:

Algoritmo 4: Transformación de documentos a vector space model

Data: Conjunto de strings D'_e , vocabulario V de palabras de D'_e

Result: Conjunto de vectores D''_e , representados en vector space model

```
1  $D''_e \leftarrow \emptyset$  ;  
2 for documento  $d \in D'_e$  do  
3    $d' \leftarrow \text{map}(\text{tf-idf}(\cdot, d, D'_e), \text{words}(d))$ ;  
4  $D''_e \leftarrow D''_e \cup \{d'\}$ ;
```

Donde $\text{map}(f, l)$ mapea la función o procedimiento f a cada elemento de la lista l , retornando una nueva lista l' en la cual a cada elemento se le aplicó f y words retorna una lista con las palabras de d' . Este procedimiento retorna un conjunto de vectores en tf-idf, lo que permite entonces aplicar un algoritmo de clustering para identificar subtópicos.

Se utilizó el algoritmo K-means⁶ que provee la librería `scikit-learn` para generar los clusters. Al aplicarlo sobre el conjunto de vectores, éste retorna una *lista de etiquetas* L , de largo n , la cantidad de documentos utilizados. Cada $L_i \in [0..k-1]$, $i \in [1..n]$ indica a cuál cluster corresponde el i -ésimo documento, lo que permite fácilmente filtrar y recuperar los clusters por separado, para pasar a la siguiente etapa.

4.2.3. Ranking de documentos

Para generar un ranking de documentos, se procedió a obtener toda la información relevante de éstos. Se escogió un conjunto de indicadores según [6] y las conclusiones de [11], en las cuales se menciona que la *popularidad* de un autor de un tweet, el largo de un tweet y si éste contiene o no una URL, son los mejores indicadores para medir la relevancia de un tweet, según los experimentos llevados a cabo.

La popularidad o *autoridad* de un usuario en Twitter, se mide, como se menciona en el trabajo referenciado, de acuerdo a en cuántas listas de otros usuarios está este autor, en vez de ponderar por la cantidad de seguidores o amigos en la red social, dado que un usuario con muchos seguidores puede tener otras explicaciones aparte de ser un usuario “influyente”; por ejemplo, puede ser una cuenta de *spam* o alguna celebridad de farándula.

Se decidió utilizar una metodología simple para asignar un puntaje a cada documento, dada la complejidad de entrenar un sistema de Learning to Rank, puesto que esto implica asignar puntajes a muchos datos con anticipación. Además, dado que se pueden hacer muchos ajustes a los pasos previos, una solución muy especializada posiblemente no entregaría mejores resultados en comparación.

Con esto, se decidió asignar un puntaje a cada indicador, el cual se aplica al promedio de los

⁶<http://scikit-learn.org/stable/modules/clustering.html>

indicadores para cada documento, cuando corresponde, y luego se suman dando el puntaje para ese documento. Con esto es posible generar un orden y entregar los k primeros, para un parámetro k escogido.

Los indicadores escogidos se pueden apreciar en la Tabla 4.1. En el Código 1 se puede apreciar un ejemplo de la información obtenida para un documento.

Indicador	Descripción	Puntaje
TWEETS	Número de tweets del documento	0,152
RETWEETS	Número de retweets de los tweets del documento	0,091
TWEET_LENGTHS	Largos de los tweets del documento, en cantidad de palabras	0,091
USER_VERIFIED	Número de tweets cuyo autor está verificado por Twitter	0,21
USER_FOLLOWERS	Número de usuarios que siguen a cada autor	0,061
USER_LISTS	Número de listas en las cuales están estos autores	0,182
USER_STATUSES	Número de tweets que han escrito los autores	0,061
USER_FRIENDS	Número de usuarios que siguen y son seguidos por los autores	0,12
USER_GEO	Número de autores cuyos tweets tienen ubicación habilitada	0,03

Tabla 4.1: Indicadores sociales utilizados para medir relevancia. Todos los indicadores son sumas entre todos los tweets de un documento.

4.3. API de búsqueda de Twitter

La API de búsqueda de Twitter permite obtener tweets de acuerdo a un término de búsqueda. Se utilizó este servicio para enriquecer los eventos con información social utilizando como términos de búsqueda tanto los títulos de las noticias como los nombres de los artistas para las noticias y los conciertos, respectivamente.

Funciona de la siguiente manera: cada vez que se hace un request a la URL dada por el servicio, éste retorna a lo más 100 tweets por página, con un máximo de 15 páginas (indicando en el request qué página queremos consultar), dando como total hasta 1500 tweets por búsqueda. Existirán términos de búsqueda que no presenten ningún resultado (ya sea por estar mal escritos o simplemente que no sean un tópico de discusión), o por el contrario, que se generen más tweets que los retornados por la búsqueda por cada ventana de tiempo que demore ésta (por ejemplo, un *trending topic* o tópico que sea muy mencionado en la red social).

Existe una limitación de uso de este servicio: sólo es posible hacer hasta 180 requests por cada 15 minutos, o 1 request cada 5 segundos. Además, sólo retorna tweets de hasta 7 días de antigüedad. Los resultados no son necesariamente en tiempo real y su estabilidad varía de acuerdo a factores externos. Esto implicó que la etapa de enriquecimiento de eventos y generación de documentos haya sido muy costosa en tiempo, dado que se pueden obtener a lo más 100 tweets cada 5 segundos.

Los tweets devueltos vienen en formato JSON (*Javascript Simple Object Notation*), e incluyen varios metadatos sobre el tweet aparte de los principales, como autor, fecha, contenido. Algunos de estos metadatos son:

```
{
  "850a0f7e08e9cf2e080678679857eef9": {
    "domain": "twitter",
    "is_retweet": [0, 0, 0, 0, 0, 0],
    "num_tweets": 6,
    "retweets": ["0", "0", "0", "0", "0", "0"],
    "tweets_lengths": [8, 6, 8, 6, 6, 8],
    "url": "https://api.twitter.com/1/statuses/show.json?id=270299718540738560",
    "user_created_at": [1309224895.0,
                        1285052229.0,
                        1309224895.0,
                        1285052229.0,
                        1285052229.0,
                        1309224895.0],
    "user_followers": ["45", "37", "45", "37", "37", "45"],
    "user_friends": ["2", "25", "2", "25", "25", "2"],
    "user_geo_enabled": [1, 0, 1, 0, 0, 1],
    "user_is_verified": [0, 0, 0, 0, 0, 0],
    "user_lists": ["0", "1", "0", "1", "1", "0"],
    "user_statuses": ["12484", "4756", "12484", "4756", "4756", "12484"]}
}
```

Código 1: Información de un documento, correspondiente al evento “Anef anuncia movilización nacional”. Los campos que corresponden a listas indican los valores para cada tweet del documento, en este caso, el documento tiene 6 tweets; por ejemplo, `user_followers[24]=45` indica la cantidad de seguidores que tiene el autor del tweet en la tercera posición.

- Cantidad de *retweets* hechos hasta la fecha;
- Si posee alguna URL o *hashtag* en el texto;
- Si es una *mención* a otro usuario;
- La ubicación de donde se envió el tweet;
- etc.

Además, incluye datos sobre el autor, como por ejemplo:

- Si la cuenta está *verificada*;
- La cantidad de seguidores del usuario;
- Cantidad de *amigos* (usuarios que siguen y son seguidos por el usuario);
- Cantidad de tweets;
- Su descripción, y si incluye alguna URL, etc;
- Ubicación (dada por el mismo usuario);
- Fecha de creación de la cuenta;
- etc.

4.4. Casos de estudio

Para estudiar la viabilidad de la metodología propuesta, fueron analizados 4 eventos, dos noticiosos y dos musicales, en los cuales se realizaron distintas actividades:

- Distribucion de dominios: determinar cuáles son los dominios más usuales según los documentos que los apuntan.
- Determinar número óptimo de clusters: dado que se determinó un número fijo de clusters para cada evento, es posible que no sea un número adecuado dada la naturaleza de los datos.
- Analizar contenido de los clusters: se realizó también un análisis de los resultados obtenidos.

Los eventos fueron los siguientes:

- Noticiosos:
 - Police arrest suspects in Tel Aviv (250 documentos)
 - Clinton to join Gaza ceasefire effort (1022 documentos)
- Musicales:
 - Sound of Stockholm 2012 (8117 documentos)
 - New York Philharmonic Dvorak's New World Symphony (150 documentos)

Se escogieron los eventos de forma que la cantidad de documentos de estos representen la mayoría de los eventos obtenidos: con pocos documentos (del orden de 100), con una cantidad “mediana” de documentos (del orden de 1000) y de muchos documentos (del orden de 10000). Esto con el objetivo de evaluar el impacto del número de documentos en la calidad de los resultados.

Para cada evento se buscaron los tweets que los mencionaban, y luego se generaron documentos identificados por una URL, y sus componentes corresponden a los tweets que mencionan a dicha URL.

4.4.1. Distribuciones de dominios

A partir de la representación de documentos generada, se determinó la distribución de frecuencias de dominios Web, los cuales son los identificadores de los documentos. A continuación se presentan algunos de los resultados obtenidos:

- En la Figura 4.3 se aprecia una gran mayoría de documentos que tienen como dominio de URL identificadora a `api.twitter.com`. Por diseño, los tweets que no contienen ninguna URL en su mensaje pasan a generar un documento con ese único tweet como componente, y su URL identificadora es la URL del tweet en cuestión.

En segundo lugar, la URL `adf.ly` tiene una segunda mayoría. Adf.ly es un servicio de acortamiento de enlaces, con la característica de que el sitio muestra publicidad antes de mostrar el enlace a la URL a la cual apunta. Como es necesario obtener la URL “terminal” (sin redirecciones) de un recurso para poder generar los documentos, se hizo necesario resolver

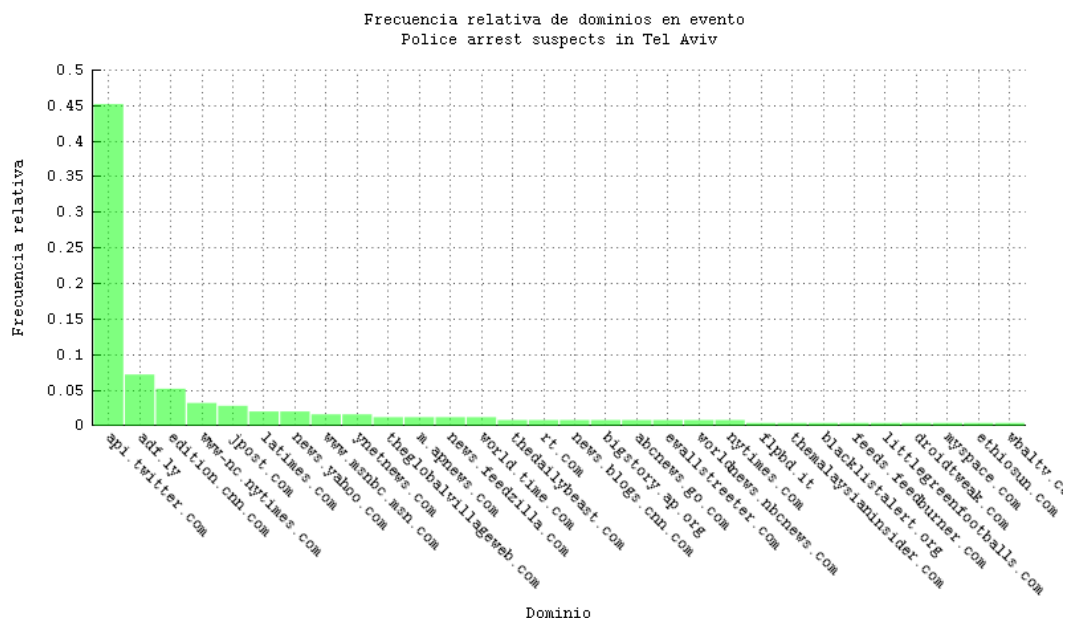


Figura 4.3: Distribución de frecuencias de dominios del evento “Police Arrest suspects in Tel Aviv”. Las frecuencias son relativas al total de documentos correspondientes al evento. Se puede apreciar rápidamente que la mayoría de los documentos tienen enlaces a Twitter.

o expandir las URLs que aparecen en los tweets. Como las URLs acortadas con `adf.ly` no tienen una redirección directa, al tratar de expandir estas URLs no fue posible recuperar destino terminal. Es posible suponer que los destinos de estas direcciones apuntan a más sitios de noticias, dadas los dominios que siguen a continuación, como CNN o NY Times.

- De la misma forma, tanto para los eventos “Clinton” y “Stockholm”, en las Figuras 4.4 y 4.5, la distribución de dominios sigue una tónica similar: la gran mayoría de documentos corresponden a un tweet de sólo texto, sin URL. Es posible que gran parte de los tweets hayan correspondido a texto debido a los términos de búsqueda que fueron utilizados para recuperarlos, tales como `clinton`, `ceasefire`, `effort`, o `stockholm`. Por una parte, los eventos “Clinton” y “Tel Aviv” son noticias, mientras que “Stockholm” es un festival de música. Los dos primeros fueron temas con amplia cobertura en el momento en que ocurrieron, y a su vez, muy comentados en Twitter, mientras que la gran cantidad de tweets obtenidos para el tercero pudo significar que muchos de estos tweets sólo hayan contenido texto.
- Un caso especial ocurre para el evento “New York” en la Figura 4.6. No hay una mayoría de documentos apuntando a Twitter: de hecho, la gran mayoría de los documentos posee una URL distinta, dada la proporción a la que se encuentran los dominios más frecuentes. Esto pudo darse debido a que al no ser un evento con mucha cobertura (comparado con los otros), los resultados obtenidos de la búsqueda de tweets fueron mucho más precisos, al no haber “ruido” de por medio.

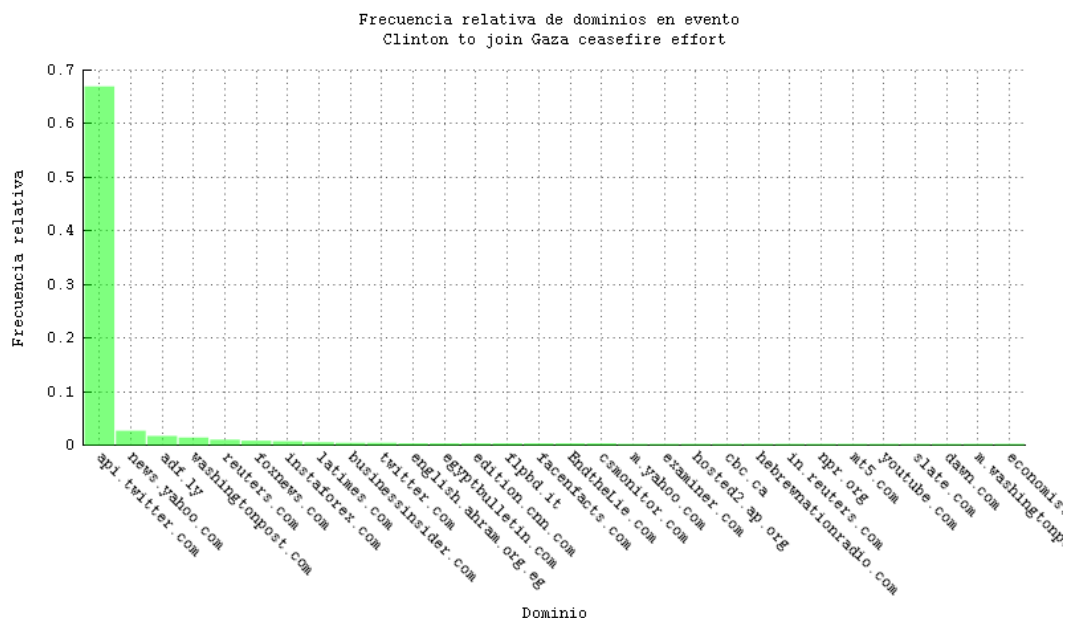


Figura 4.4: Distribución de frecuencias de dominios del evento “Clinton to join Gaza ceasefire effort”. Las frecuencias son relativas al total de documentos correspondientes al evento. Se puede apreciar rápidamente que la mayoría de los documentos tienen enlaces a Twitter.

4.4.2. Determinación del número de clusters

Para determinar un número adecuado de subtópicos (clusters) para cada evento se utilizaron métricas de evaluación internas, dado que no se contó con las clases reales de los datos obtenidos. Para esto, se utilizó el software Cluto⁷, el cual ofrece varios algoritmos de clustering con medidas de evaluación tanto internas (similitud intra-cluster y inter-cluster) como externas (pureza y entropía).

La metodología utilizada para determinar el número de clusters fue la siguiente:

- Calcular una solución de clustering particional usando $k \in \{2, \dots, 30\}$ clusters como parámetro.
- Para cada solución obtenida, documentar la similitud intra-cluster promedio y inter-cluster promedio.
- Determinar experimentalmente la solución con mayor similitud intra-cluster y menor similitud inter-cluster, calculando el radio entre estas dos medidas.

Con esto, se puede determinar experimentalmente un número de clusters para cada evento, y analizar los resultados obtenidos. En las Figuras 4.7, 4.8, 4.9, y 4.10 se pueden apreciar los resultados obtenidos en la determinación del número de clusters:

1. Para el evento “Tel Aviv” en la Figura 4.7 se determinó como 9 un número adecuado de clusters. Como se mencionó anteriormente, este número de determina como el número

⁷<http://glaros.dtc.umn.edu/gkhome/views/cluto>

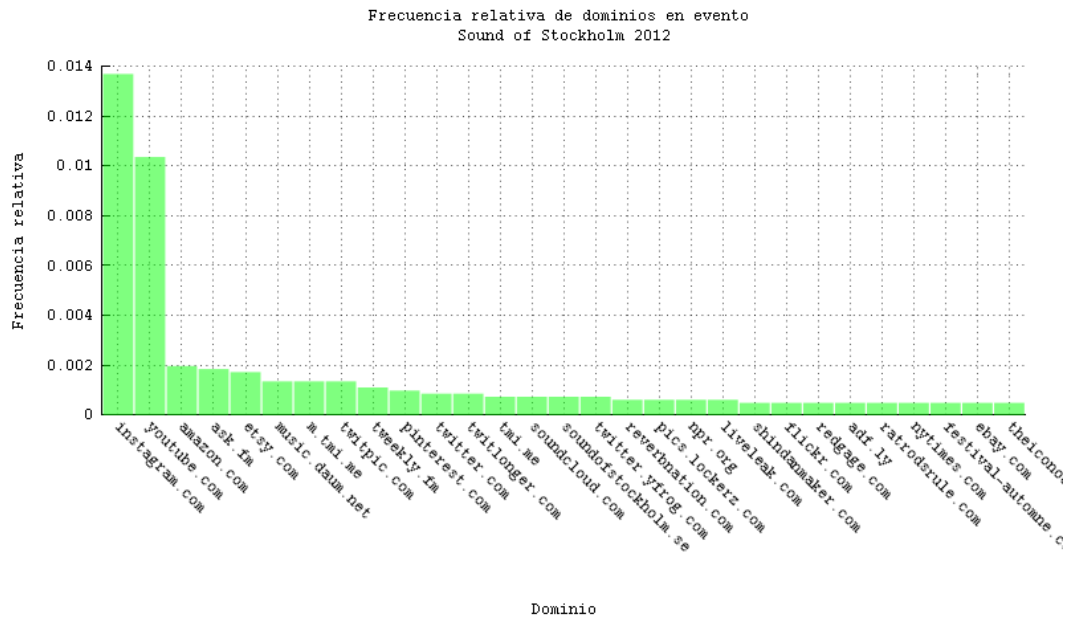


Figura 4.5: Distribución de frecuencias de dominios del evento “Sound of Stockholm 2012”. Las frecuencias son relativas al total de documentos correspondientes al evento. En este caso se quitó del gráfico lo que corresponde a Twitter, dejando los datos restantes. Se puede apreciar que los siguientes dominios representan no más del 10 % del total.

de clusters que entrega mayor similitud intra-cluster, y menor similitud inter-cluster. Éste corresponde a un máximo local, puesto que a mayor número de clusters (en el extremo, 1 cluster por documento) estas medidas pueden dar un óptimo global.

2. Para “Clinton” en la Figura 4.8 se determinó como 27 el número de clusters a utilizar. Como el radio siguió aumentando a medida que aumenta el número de clusters, posiblemente se trate de un máximo local.
3. Para “Stockholm” el máximo se encontró con 11 clusters en la Figura 4.9.
4. Finalmente, en la Figura 4.10, el evento “New York” presenta un máximo con 25 y 28 clusters. Fueron utilizados 25 clusters para el análisis.

Estas medidas indican que una cantidad adecuada de clusters es la obtenida, de acuerdo al criterio del radio de las similitudes. Sin embargo, esto no quiere decir necesariamente que la solución sea óptima incluso si se trata de un máximo global para cada caso, dado que esta medida sólo se basa en la similitud de los documentos, y no en el contenido de éstos. Por ejemplo, un evento puede tener todos sus documentos con tweets distintos, siendo que sólo hablen de dos subtópicos distintos; en ese caso el óptimo se encontraría a un número muy alto de clusters, siendo que bastaría con sólo dos. Por esto se realizó un análisis de los eventos caso por caso, sin suponer que el número de clusters determinado entregará una solución óptima.

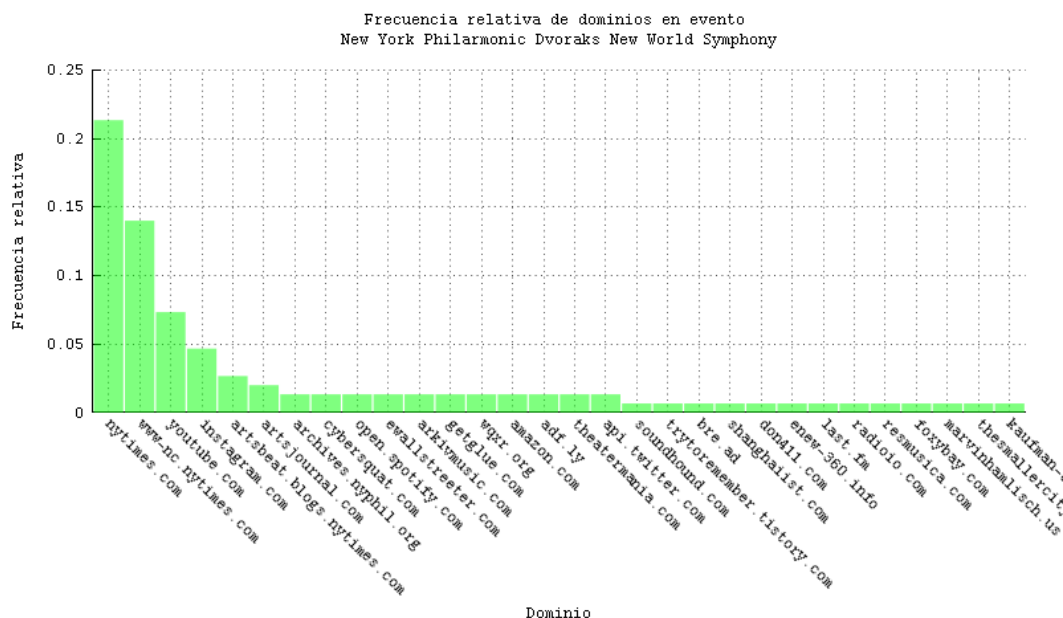


Figura 4.6: Distribución de frecuencias de dominios del evento “New York Philharmonic Dvorak’s New World Symphony”. Las frecuencias son relativas al total de documentos correspondientes al evento.

4.4.3. Análisis de resúmenes

Para analizar los resultados obtenidos, se generaron nuevamente clusterings utilizando el número estimado en la sección anterior, de forma de determinar una solución de mejor calidad. Una vez generados los clusterings, se procedió a hacer un análisis caso a caso de los resultados obtenidos.

Por ejemplo, para el evento “Tel Aviv”, se determinó como 9 el número óptimo de clusters, dando como resultado una solución de clustering que particionaba los tweets de tal forma que cada cluster contenía principalmente sólo tweets de cierto tipo. A continuación se muestra el tweet más frecuente por cluster, o bien una descripción de los tweets del cluster, al no haber un tweet más repetido:

1. Previous bomb attacks in Tel Aviv...
2. RT @BreakingNews: Israel’s army spokesman says Israeli Arab arrested for Wednesday’s bus bombing in Tel Aviv
3. Este cluster contiene tweets de distintos temas, tanto de Tel Aviv como otros relacionados a Israel, Egipto o Estados Unidos, sin haber ninguno repetido en particular.
4. RT @chaimlevinson: #breakingnews : after massive police hunt, 2 suspects in the tel aviv bus bombing arrested in 443 road
5. Police Arrest Suspects in Tel Aviv Bus Blast, Including Israeli Citizen:
6. Israel arrests suspects in Tel Aviv bus bombing: Israeli authorities arrested an Israeli Arab on suspicion of planting a bomb in a Te...
7. Arrest announced in Tel Aviv bus bombing: An arrest has been made in

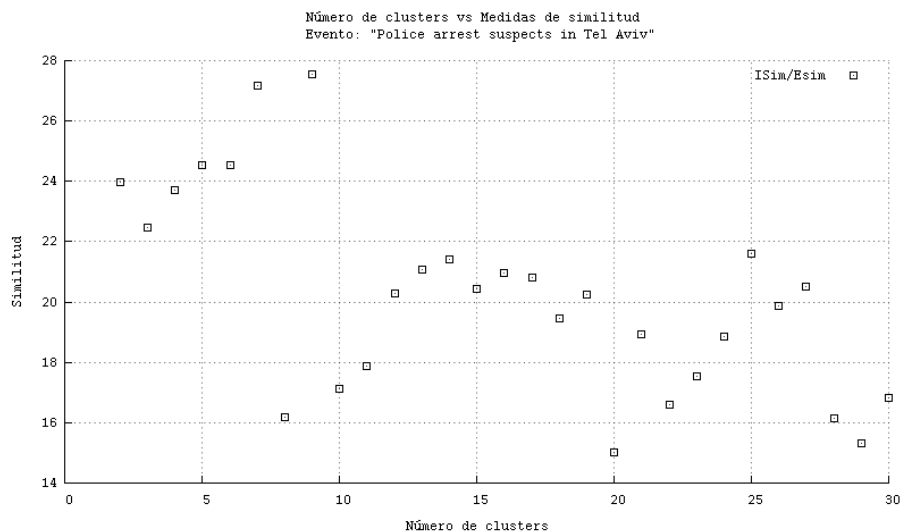


Figura 4.7: Radio ISim/ESim del evento “Tel Aviv”. El eje de las abscisas corresponde a la cantidad de clusters que se generan para la matriz de tf-idf, mientras que el eje de las ordenadas corresponde al radio ISim/ESim de la solución obtenida los clusterings. Se aprecia un máximo del radio cuando el número de clusters es 9, lo que muestra que es conveniente utilizar 9 clusters para este evento.

Wednesdaybombing in Tel Aviv of a bus, a...

8. RT @panosharitos: Tel Aviv police chasing after two suspects (one arrested), say this was not a suicide bombing; 3 of the casualties are ...
9. Shin Bet, police arrest suspects in Tel Aviv bus bombing<http://t.co/hJzLAOnD>

Los mensajes expuestos son los más frecuentes dentro de su cluster, a excepción del cluster n°2, que contenía tweets con distintos temas.

Los resultados del ranking sobre cada cluster entrega efectivamente los tweets más “populares” dentro de los indicadores escogidos (número de retweets, autoridad de la cuenta, etc.). En la Figura 4.11 se puede apreciar el documento con más puntaje obtenido por el ranking. Su alto puntaje se debió principalmente a la cantidad de retweets y a que el autor es una cuenta verificada.

Por otra parte, al analizar los resultados del evento “Stockholm”, que tiene cerca de ocho mil documentos, se notó que gran parte de ellos corresponden a tweets sin relación con el tema, o bien tweets de contenido personal que no tenían ninguna incidencia. Estos tweets alcanzaron alta relevancia debido a altos valores en sus indicadores: autoridad de usuarios, cantidad de followers y en ocasiones cantidad de retweets. Esto indica que la forma de realizar ranking puede ser mejorada en otros aspectos, considerando el contenido del tweet o verificando la validez del documento.

Para el evento “New York”, el cual consiste en un concierto musical de la Filarmónica de Nueva York, a pesar de la poca cantidad de documentos (250), los resultados fueron muy representativos e incluso ricos en contenido multimedia. En la Figura⁸ 4.12, al final de este capítulo, se puede apreciar uno de los resultados; además de este se incluyen artículos de prensa, vídeos de YouTube, grabaciones en servicios de sonido o música como Soundcloud, Spotify o Shazam.

⁸Fuente <http://instagram.com/p/SF8w-3voOF/>

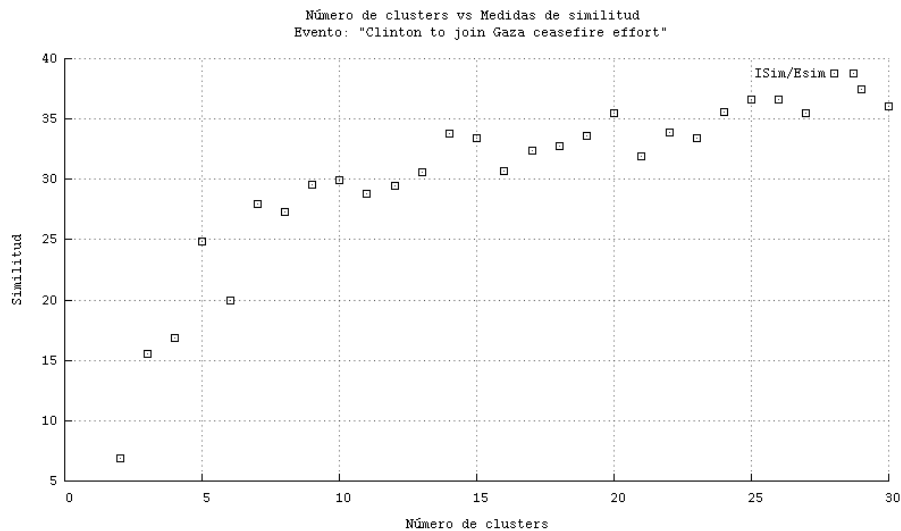


Figura 4.8: Radio ISim/ESim del evento "Clinton". El radio, en este caso, aumenta a medida que se aumenta el número de clusters, siendo el máximo en 27 clusters, para esta experimentación. Se podría apreciar un número mayor si se prueba con más clusters, sin embargo, no pareció que hacerlo influyera en la calidad efectiva de la solución.

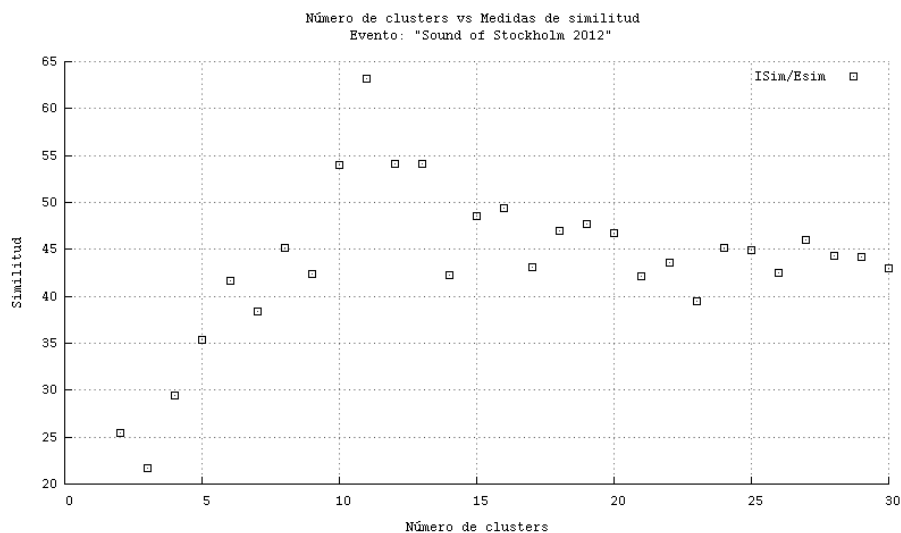


Figura 4.9: Radio ISim/ESim del evento "Stockholm". En este caso, se aprecia un máximo local con 11 clusters.

Finalmente, el evento "Clinton" obtuvo buenos resultados, en su mayoría tweets sin URL, que discuten nuevamente el tema de Gaza. Sin embargo, los medios de prensa mencionados en las URLs consideran contenido multimedia (imágenes y vídeos), sin embargo, se consideró esto anecdótico. La característica de este evento es su alto contenido textual en la forma de consignas respecto al tópico que discuten.

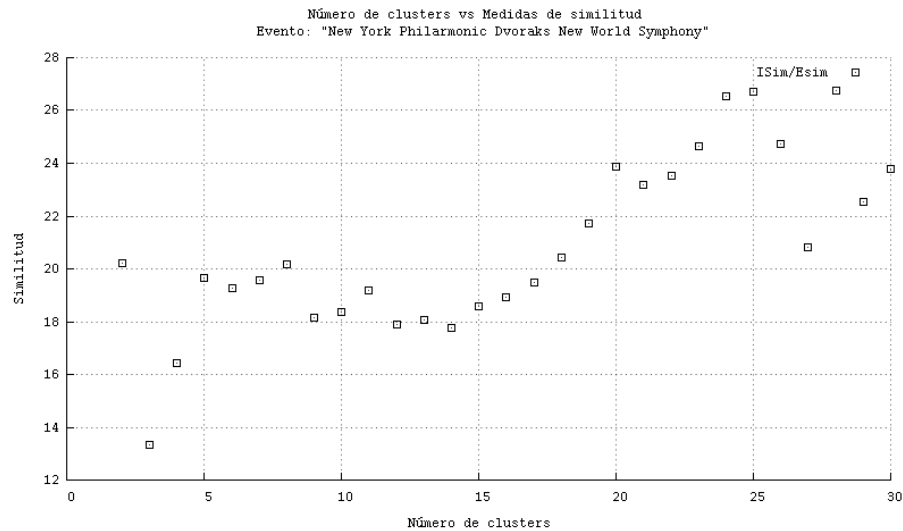


Figura 4.10: Radio ISim/ESim del evento “New York”. Se aprecian dos máximos, con 25 y 28 clusters, respectivamente. Al ser máximos locales, es posible que a mayor número de clusters las soluciones puedan tener mejores medidas de similitud.



Figura 4.11: Documento (tweet) con más relevancia dentro del evento “Tel Aviv”. Su relevancia dentro de los resultados se debe principalmente a que el autor posee una cuenta verificada en Twitter, además del número de retweets.

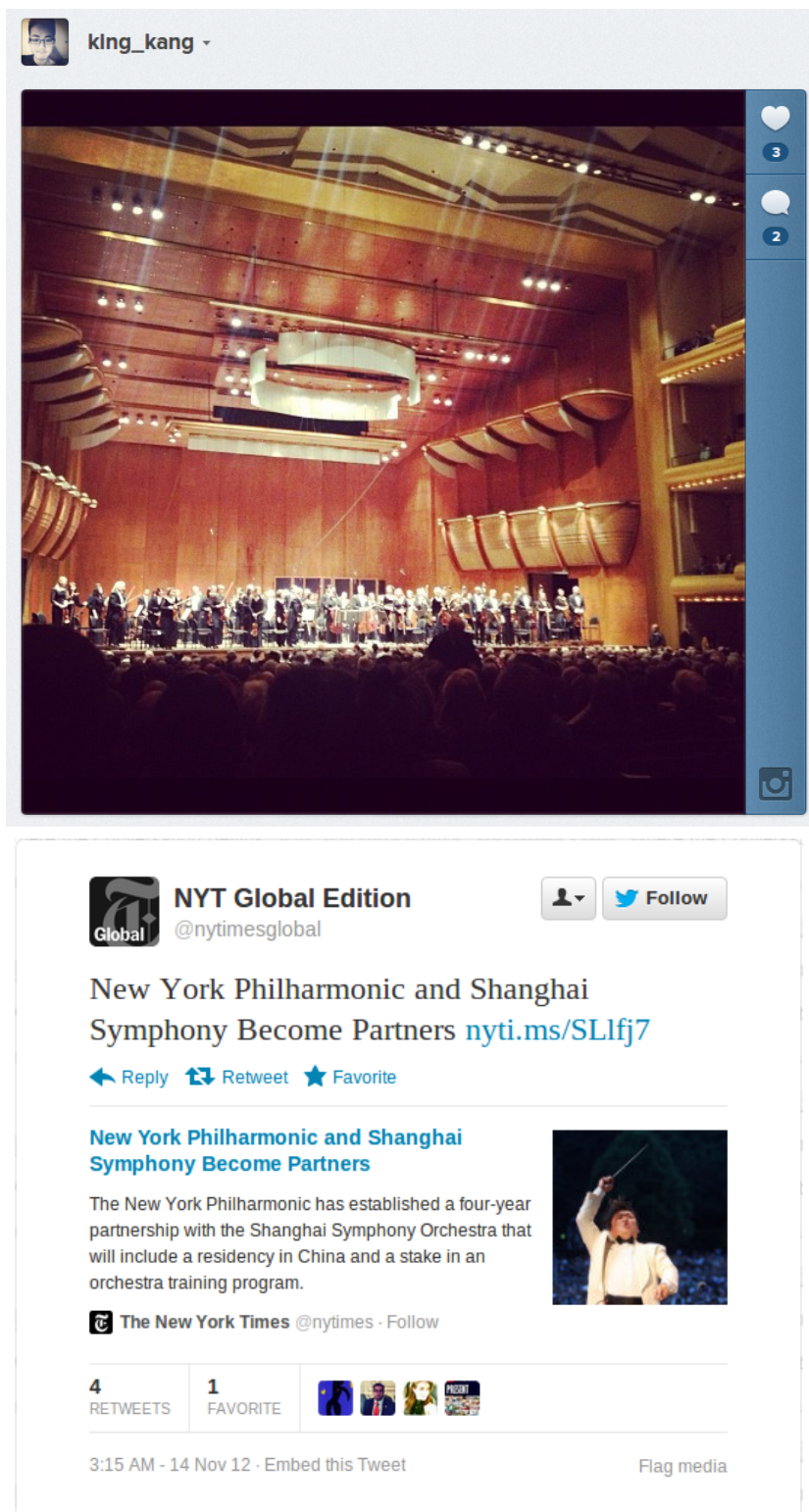


Figura 4.12: Documentos con alta relevancia dentro del evento “New York”. El primero corresponde a una imagen en Instagram evaluada con alto puntaje, y el segundo a un tweet de un medio de noticias hablando sobre el evento.

Capítulo 5

Conclusiones y trabajo a futuro

Este trabajo consistió en el diseño e implementación de una metodología de generación de resúmenes automáticos a partir de contenido textual o multimedial de medios sociales. En particular:

1. Se mostró una metodología de obtención de datos a partir de eventos noticiosos y musicales, de forma de enriquecer los eventos con documentos sociales representados mediante tweets.
2. Utilizando estos datos, se generaron documentos usando una representación apropiada, independiente del contenido de éstos.
3. A partir de un conjunto de documentos, se identificaron los subtópicos de cada evento, mediante una solución de clustering.
4. Finalmente, desde los clusters se extrajo contenido relevante utilizando la información social de estos documentos, mediante una metodología simple para analizar casos de estudio.

Este enfoque no ha sido estudiado aún muy en profundidad en el área de investigación: el de generar resúmenes multimedia basándose en la información social que mencionan los documentos.

Si bien los objetivos fueron cumplidos casi a cabalidad de acuerdo al trabajo realizado, hay algunas componentes de la metodología propuesta que pueden ser sujetas a mejoras, de forma de mejorar en criterios como precisión, efectividad y eficiencia.

Como se mostró en el análisis de casos de estudio, hubo algunos casos con buenos resultados y otros que son mejorables:

- Mejorar la extracción de términos de búsqueda para medios sociales. Es posible que una gran cantidad de términos no muy relacionados directamente entre sí obtengan muchos documentos sin relación entre ellos, tal como sucedió en el evento “Stockholm”. O bien, diseñar una metodología distinta para la identificación de eventos y documentos asociados en medios sociales, considerando otros medios, como Facebook o Tumblr, abundantes en contenido multimedia.

- El ranking de tweets muestra que en algunos casos, cuando los usuarios tienen muchos seguidores o un tweet sin importancia obtiene muchos retweets, estos tweets adquieren mucha relevancia dentro de un evento, nuevamente como ocurrió para “Stockholm”. Una mejora a este aspecto puede considerar analizar el contenido del tweet o bien la relevancia del documento que menciona, si menciona alguno.
- Se hace necesario realizar un análisis más fino para determinar el número de clusters adecuado a la hora de identificar los subtópicos de un evento, dado que los resultados pueden variar en calidad debido a este factor.

En cuanto a los objetivos:

- El objetivo principal fue cumplido casi completamente: se diseñó e implementó un sistema para generar resúmenes automáticos en base a documentos textuales y multimediales; sin embargo, sólo se implementó una metodología y no al nivel de un software de aplicación. Existen muchos aspectos que pueden ser mejorados aun.
- De los objetivos específicos:
 - El objetivo específico 1 fue cumplido. Se diseñó una metodología para extraer documentos relacionados a eventos en la Web, discutidos en las redes sociales online, en particular a Twitter.
 - El objetivo específico 2 fue cumplido. Se lograron identificar subtópicos y una metodología para determinar un número adecuado de éstos, basados en medidas internas del conjunto de documentos.
 - El objetivo específico 3 fue parcialmente cumplido. La estrategia utilizada para realizar ranking puede ser mejorada de forma de considerar no sólo características de la red de los mensajes publicados, sino también características de los documentos.
 - El objetivo específico 4 fue cumplido. Se analizaron 4 casos de pruebas, dos noticias y dos conciertos, y se evaluó la efectividad de la metodología. Se concluyó que existen ciertas características que influyen fuertemente sobre la calidad de los resultados, las cuales pueden ser corregidas o mejoradas.

Los resultados obtenidos muestran que es posible generar resúmenes multimedia a partir de eventos. El evento “New York” fue satisfactoriamente resumido en contenido rico en multimedia con pocos documentos. Por otra parte, “Stockholm” no tuvo los mismos resultados, posiblemente dada la baja precisión con la cual fueron obtenidos los tweets del evento. Mejorando este aspecto, posiblemente obteniendo a su vez un conjunto más reducido de documentos para cada evento, puede ser posible generar de manera más efectiva y eficiente resúmenes multimedia. Al ser la obtención de documentos la tarea más intensiva en tiempo, si se tuvieran estos datos con anticipación podría ser posible implementar un sistema en tiempo real de generación de resúmenes. Esto sería factible sobre la plataforma Twitter, que posee muchos de los datos que se intentan obtener con la metodología y que toman la mayor parte del tiempo.

Por otra parte, utilizando más criterios además de las medidas de similitud internas de la solución de clustering, puede mejorarse la calidad de la solución. Esto sumado a la función de ranking, puede dar origen a un sistema eficaz en la generación de resúmenes.

La metodología implementada permite tener un punto de partida para el desarrollo de un software para ser aplicado sobre eventos en redes sociales y generar contenido multimedial basado en éstos. Los resultados obtenidos muestran que la estrategia es adecuada para lograr estos objetivos. El que se puedan realizar mejoras a la metodología y a la implementación indica que la calidad de los resultados puede ser mejorada, trayendo consigo documentos que representen aún más los eventos que los discuten.

Bibliografía

- [1] J. Allan. *Topic Detection and Tracking: Event-Based Information Organization*. The Kluwer International Series on Information Retrieval. Kluwer Academic, 2002.
- [2] David Arthur and Sergei Vassilvitskii. k-means++: the advantages of careful seeding. In *Proceedings of the eighteenth annual ACM-SIAM symposium on Discrete algorithms*, SODA '07, pages 1027–1035, Philadelphia, PA, USA, 2007. Society for Industrial and Applied Mathematics.
- [3] Hila Becker, Dan Iter, Mor Naaman, and Luis Gravano. Identifying content for planned events across social media sites. In *Proceedings of the fifth ACM international conference on Web search and data mining*, WSDM '12, pages 533–542, New York, NY, USA, 2012. ACM.
- [4] Hila Becker, Mor Naaman, and Luis Gravano. Learning similarity metrics for event identification in social media. In *Proceedings of the third ACM international conference on Web search and data mining*, WSDM '10, pages 291–300, New York, NY, USA, 2010. ACM.
- [5] Felipe Bravo-Marquez and Manuel Manriquez. A zipf-like distant supervision approach for multi-document summarization using wikinews articles. In *SPIRE*, pages 143–154, 2012.
- [6] Carlos Castillo, Marcelo Mendoza, and Barbara Poblete. Information credibility on twitter. In *Proceedings of the 20th international conference on World wide web*, WWW '11, pages 675–684, New York, NY, USA, 2011. ACM.
- [7] D. Chakrabarti and K. Punera. Event summarization using tweets. In *Proceedings of the Fifth International AAAI Conference on Weblogs and Social Media*, pages 66–73, 2011.
- [8] Jack G. Conrad, Khalid Al-Kofahi, Ying Zhao, and George Karypis. Effective document clustering for large heterogeneous law firm collections. In *Proceedings of the 10th international conference on Artificial intelligence and law*, ICAIL '05, pages 177–187, New York, NY, USA, 2005. ACM.
- [9] D. Das and A.F.T. Martins. A survey on automatic text summarization. *Literature Survey for the Language and Statistics II course at CMU*, 4:192–195, 2007.
- [10] Nicholas Diakopoulos, Munmun De Choudhury, and Mor Naaman. Finding and assessing

- social media information sources in the context of journalism. In *Proceedings of the 2012 ACM annual conference on Human Factors in Computing Systems*, CHI '12, pages 2451–2460, New York, NY, USA, 2012. ACM.
- [11] Yajuan Duan, Long Jiang, Tao Qin, Ming Zhou, and Heung-Yeung Shum. An empirical study on learning to rank of tweets. In *Proceedings of the 23rd International Conference on Computational Linguistics*, COLING '10, pages 295–303, Stroudsburg, PA, USA, 2010. Association for Computational Linguistics.
 - [12] K. Ganapathiraju, J. Carbonell, and Y. Yang. Relevance of cluster size in mmr based summarizer: A report 11-742: Self-paced lab in information retrieval. 2002.
 - [13] Chin-Yew Lin and Eduard Hovy. Automatic evaluation of summaries using n-gram co-occurrence statistics. In *Proceedings of the 2003 Conference of the North American Chapter of the Association for Computational Linguistics on Human Language Technology - Volume 1*, NAACL '03, pages 71–78, Stroudsburg, PA, USA, 2003. Association for Computational Linguistics.
 - [14] Xueliang Liu, Raphaël Troncy, and Benoit Huet. Using social media to identify events. In *Proceedings of the 3rd ACM SIGMM international workshop on Social media*, WSM '11, pages 3–8, New York, NY, USA, 2011. ACM.
 - [15] S. Lloyd. Least squares quantization in pcm. *IEEE Trans. Inf. Theor.*, 28(2):129–137, September 2006.
 - [16] D. Sculley. Web-scale k-means clustering. In *Proceedings of the 19th international conference on World wide web*, WWW '10, pages 1177–1178, New York, NY, USA, 2010. ACM.
 - [17] A. Signorini. A survey of ranking algorithms. 2005.
 - [18] Yiming Yang, Jaime G. Carbonell, Ralf D. Brown, Thomas Pierce, Brian T. Archibald, and Xin Liu. Learning approaches for detecting and tracking news events. *IEEE Intelligent Systems*, 14(4):32–43, July 1999.
 - [19] Y. Zhao and G. Karypis. Criterion functions for document clustering: Experiments and analysis. *Machine Learning*, 2001.