

Proyecto final

Universidad Autónoma De Nuevo León
Facultad de Ciencias Físico-Matemáticas
Procesamiento y clasificación de datos

Análisis vocal-rockero

Nombre: Ricardo Luna Escobedo

Matrícula: 1805328

Fecha: 31/03/2025

1. Resumen

En este trabajo observaremos el empleo de la programación en python para poder llevar a cabo un análisis entorno al sonido, pero desde un punto de vista que involucre a las matemáticas para el procesamiento a nivel de decibeles, frecuencias y ondas.

Siendo más objetivos, vamos a tomar 2 pistas audio y observaremos su composición. Las pistas elegidas son 2 canciones rockeras: "Don't Stop Me Now" de **Queen**, y "I Don't Wanna Miss a Thing" de **AeroSmith**. Haremos una comparativa sobre como fue procesado/manipulado el audio de ambas canciones. Pero más que el audio, haremos la comparación entre vocalistas. Freddie Mercury (vocalista de Queen) y Steven Tyler (vocalista de AeroSmith) tienen unas de las voces más representativas que ha habido en el mundo musical, y será interesante estudiarlas desde un forma más numérica/algorítmica.

2. Introducción

La música rock es el latido del mundo. Un sonido que ha cruzado fronteras físicas y culturales para convertirse en un lenguaje universal; es una lástima que Frank Sinatra no pensará lo mismo. El solía decir que el rock es un afrodisíaco que apesta a rancio, lo cual no deja de ser insólito dada la fama de donjuán del "viejo de los ojos azules". Pero es que la música rock, término que se acuñó para describir el surgimiento de la cultura pop a finales de la década de 1960, se ha convertido en una especie de cajón de sastre. Por ejemplo, ni muddy Waters, ni Bob Marley, Notorious B.I.G. o Madonna don roqueros, pero los cuatro han influido mucho en la evolución del género. [1]

En el mundo musical, se perciben las cosas de una manera más visual y escrita. Se tienen elementos como las notas, silencios, compases, tonalidades y rítmicas. Aunque los elementos anteriores se pueden medir numéricamente, hay una rama en particular que permite visualizarlos de una manera más detallada y matemática: **La ingeniería en audio**. Es en esta parte en donde el procesamiento de audio está implícito.

Las nuevas tecnologías nos han brindado un mejoramiento en distintos ámbitos. Un ejemplo de ello es la implementación de los efectos, máquinas análogas/digitales, dispositivos de conexión inalámbrica, ¿y por qué no?, la visualización matemática de melodías. Pero... ¿nunca se han preguntado como es esto posible?, ¿cómo las matemáticas nos pueden ayudar a comprender algo que la mayoría cree solo poder estudiar/analizar auditivamente? Sabemos que si conectamos una guitarra a un amplificador, podremos escuchar su sonido potencializado, ¿pero qué sucede detrás del sonido que sale del amplificador? ¿cómo podemos conocer sus características internas? la respuesta a estas preguntas se reduce a lo siguiente: **procesamiento de audio**.

El peor error que las personas pueden cometer es creer que la música y la tecnología no van de la mano. Porque gracias a los avances en ingeniería, se pudieron crear instrumentos eléctricos, se inventaron los pedales efectos, los micrófonos y bocinas se implementaron para que los músicos pudiesen tocar frente a audiencias masivas, y por su puesto, surgieron las plataformas para edición y análisis de audio.

3. Investigación

3.1. Datos

1. ¿Qué es el sonido?

Es la propagación de las ondas mecánicas originadas por la vibración de un cuerpo a través de un fluido o un medio elástico. Dichas ondas pueden o no ser percibidas por los seres vivos, dependiendo de su frecuencia. Éstas se desplazan expansivamente, a una velocidad promedio (en aire) de 331,5 m/s, y pueden reverberar ("rebotar") en distintos tipos de superficies, logrando distintos efectos de eco o de distorsión, que a menudo magnifican su potencia (como en las cajas de resonancia o los parlantes).

El sonido presenta las siguientes características físicas:

- **Frecuencia.** Número de vibraciones completas por segundo que efectúa la fuente del sonido y que se transmite en las ondas.
- **Amplitud.** Intensidad (potencia acústica), que solemos llamar "volumen". La amplitud se relaciona con la cantidad de energía transmitida por las ondas sonoras.
- **Longitud de onda.** Distancia que recorre una onda en un período de oscilación, o dicho de otro modo, la distancia entre dos máximos consecutivos de la oscilación.

- **Potencia acústica.** Cantidad de energía emitida por las ondas por unidad de tiempo. Se mide en vatios y depende directamente de la amplitud de onda.
- **Espectro de frecuencia.** Distribución de amplitudes, o energía acústica, para cada frecuencia de las diversas ondas que componen el sonido. [2]

2. ¿Qué es la música?

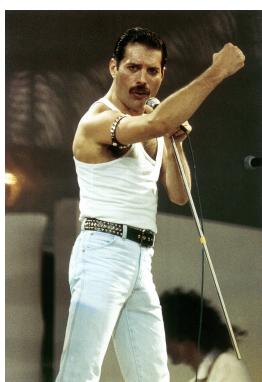
La música es una forma de expresión artística que consiste en la combinación de sonidos vocales o instrumentales, conforme a estándares culturales de ritmo y melodía. Es una de las más antiguas formas de arte y ha estado presente, de diferentes maneras, en prácticamente todas las culturas humanas. Se puede crear con fines estéticos, recreativos, ceremoniales, terapéuticos o de comunicación.

Existen muy diversas maneras de producir música. Se pueden emplear métodos tradicionales con instrumentos y voces, improvisar con objetos de uso cotidiano o utilizar programas informáticos de creación musical, llamados DAW (estación de audio digital, por sus siglas en inglés). Sea cual sea el método, el principio es el mismo.

La música depende de cuatro parámetros fundamentales del sonido, que son:

- **Altura.** Es la frecuencia de vibración del sonido. Dependiendo de cuántas veces por segundo vibre, el sonido será más grave (bajo), o agudo (alto).
- **Duración.** Es el tiempo en que permanece audible el sonido.
- **Intensidad.** La intensidad es la fuerza con la que se produce un sonido, o la cantidad de energía acústica que contiene. Se mide en dB (decibeles) y tiene relación con el volumen o la presión sonora que perciben nuestros oídos.
- **Timbre.** Es la cualidad del sonido determinada por la forma de las ondas que lo componen. Es lo que permite distinguir un sonido de otro, aunque tenga la misma altura, duración e intensidad. [3]

3. ¿Quién es Freddie Mercury?



Nacido el 5 Septiembre 1946, en Zanzíbar, Tanzania, Farrokh Bulsara, mejor conocido como Freddie Mercury, fue conocido por haber sido el vocalista principal de la banda rock *Queen*. Cómo intérprete, ha sido reconocido por su poderosa voz y extravagantes puestas en escena. Como compositor, escribió muchos de los éxitos de Queen, tales como: *Killer queen*, *Bohemian rhapsody*, *Somebody to love*, *We are the champions*, *Don't stop me know*, *Crazy little thing called love*, *It's a Hard life* o *Innuendo*.

Además de la actividad con Queen, en los años ochenta lanzó su carrera como solista. Ésta lo llevó a publicar 2 álbumes: *Mr. Bad Guy* (1985) y *Barcelona* (1988). [4]

4. ¿Quién es Steven Tyler?

Nacido el 26 Marzo 1948, en Yonkers, Nueva York, Estados Unidos, Steven Victor Tallarico, mejor conocido como Steven Tyler, ha sido reconocido por parte de los medios especializados como el 3er mejor vocalista de Heavy Metal de todos los tiempos, según la revista *Hit parader*. La revista Rolling Stone lo ubica en el lugar número 57 de los 100 más grandes artistas de todos los tiempos. Junto con su banda *Aerosmith* tiene números sorprendentes: más de 200 millones de discos vendidos, 4 premios Grammy ganados y 10 premios MTV Video Music Awards. Ingresaron al Salón de la Fama del Rock & Roll en el año 2001 y han colocado 21 sencillos en el Top 40 del Billboard Hot 100. [5]



3.2. Descripción

1. Teoría musical

Así como las matemáticas tienen a los números, la música tiene a las notas.

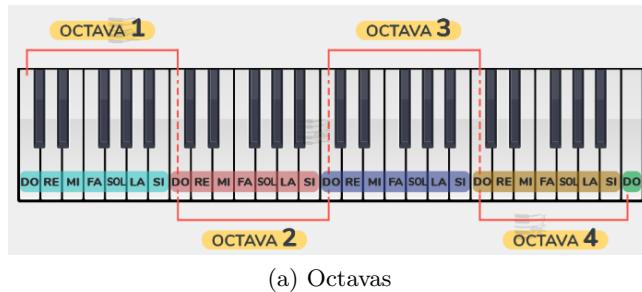
Existen en total 12 notas musicales:

Do Do# Re Re# Mi Fa Fa# Sol Sol# La La# Si

El símbolo # hace referencia a que la nota es "sostenida"; al resto de las notas se les denomina "naturales".

Si representamos estas notas en las teclas de un piano, nos daremos cuenta que su secuencia es un patrón que siempre se repite.

Figura 1: Representación de las notas musicales en el piano



(a) Octavas

Aspectos importantes de la Figura 1:

- Las teclas negras representan a las notas "sostenidas".
- Se le denomina como "octava" a cada secuencia de 12 notas.
- Las notas tienden a ser cada vez más graves conforme las octavas vayan de derecha a izquierda. Y las notas tienden a ser cada vez más agudas conforme las octavas vayan de izquierda a derecha. [6]

1.1. Rango vocal Freddie Mercury

Figura 2: Piano 7 Octavas



Si tomamos como referencia el piano de la Figura 2. La capacidad vocal de Freddie Mercury es de un Fa2 a un Fa6. Lo que abarcaría el Fa que está en la segunda octava (color celeste) al Fa que está en la sexta octava (color verde). Un total de 4 octavas. [7]

1.2. Rango vocal Steven Tyler

Si tomamos como referencia el piano de la Figura 2. La capacidad vocal de Steven Tyler es de un Re2 a un Mi6. Lo que abarcaría el Re que está en la segunda octava (color celeste) al Mi que está en la sexta octava (color verde). Un total de 4 octavas y una nota. [7]

Podemos ver que ambos cantantes tienen un rango vocal amplio. Sin embargo, caben mencionar unas distinciones:

- El rango de Steven Tyler superá al de Freddie Mercury por una nota. Lo que implica que él tiene una rango vocal más amplio.

- Freddie Mercury tiene un rango vocal más agudo que Steven Tyler. Lo que le permite alcanzar notas más altas.

Hasta el momento nos hemos limitado a analizar ambas voces desde un punto de vista teórico-musical, pero ahora es momento de incorporar a las nuevas tecnologías para ver lo que nos pueden brindar en información a través del programa Python.

2. Pistas utilizadas

2.1. Mercury vs Tyler

Figura 3: Sencillos elegidos



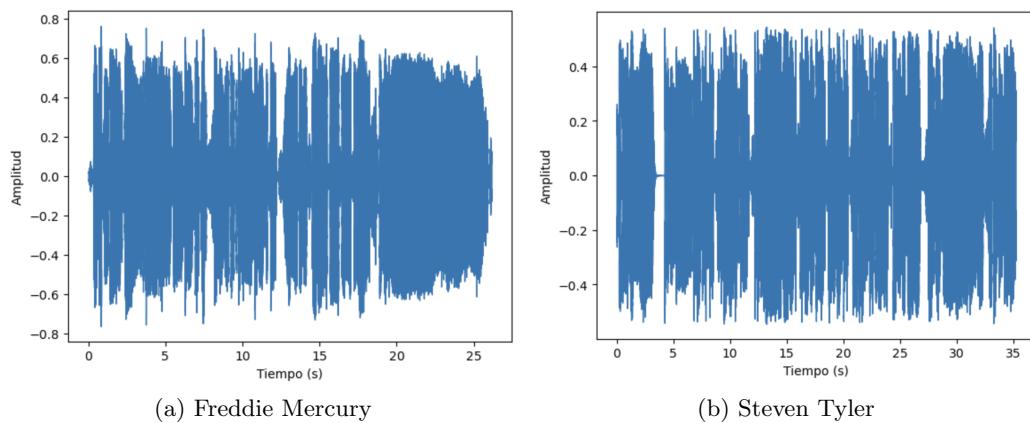
(a) Somebody to love - Album: A day at the races - Freddie Mercury

(b) I don't wanna miss a thing - Album: Armageddon - Steven Tyler

2.2. Análisis de amplitud

Comenzamos graficando la amplitud de las ondas de ambas pistas.

Figura 4: Amplitud de ondas

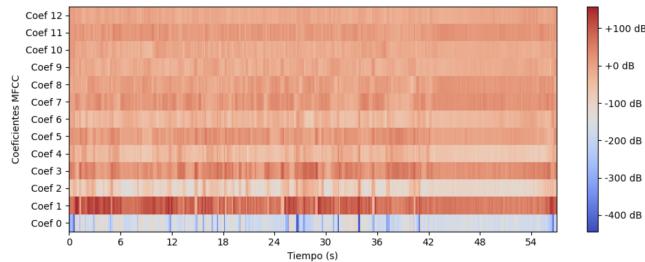


Vemos que la amplitud de las ondas de Freddie Mercury es, en general, un poco más grande que las de Steven Tyler. Esto se debe a que Mercury utiliza más potencia a la hora de cantar. También vemos que el comportamiento de las ondas es más uniforme con Mercury que con Tyler. La parte final del segmento de Mercury tiene una duración en canto de 6 segundos, mientras que la de Tyler es de 7 segundos. Pero vemos que la parte final de Mercury no tiene interrupciones, la de Tyler sí.

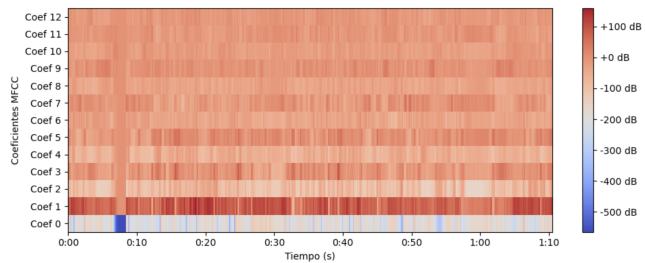
3. Descripción de Mel Frequency Cepstral Coefficients

Veamos ahora una representación gráfica de los coeficientes frecuencia. A partir de estos, podemos extraer características basadas en la percepción humana del sonido.

Figura 5: MFCC



(a) Freddie Mercury



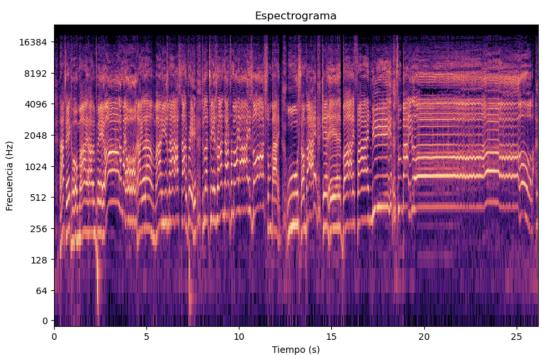
(b) Steven Tyler

Podemos notar que hay un comportamiento similar entre los MFCC de ambos cantantes. Tanto para Tyler como para Mercury, sus frecuencias medias-altas no se perciben tanto como las bajas en sus voces; éstas últimas son más potentes. Sin embargo, las que abarcan mayor contenido en el audio son las frecuencias medias-altas.

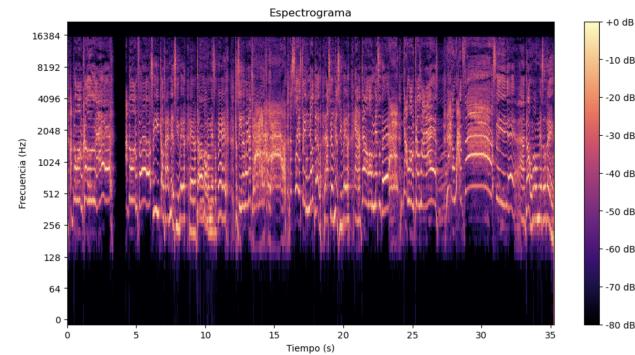
4. Descripción de espectogramas

Veamos ahora una representación visual del comportamiento de las frecuencias y sus potencias a lo largo del tiempo.

Figura 6: Hercios x segundo



(a) Freddie Mercury



(b) Steven Tyler

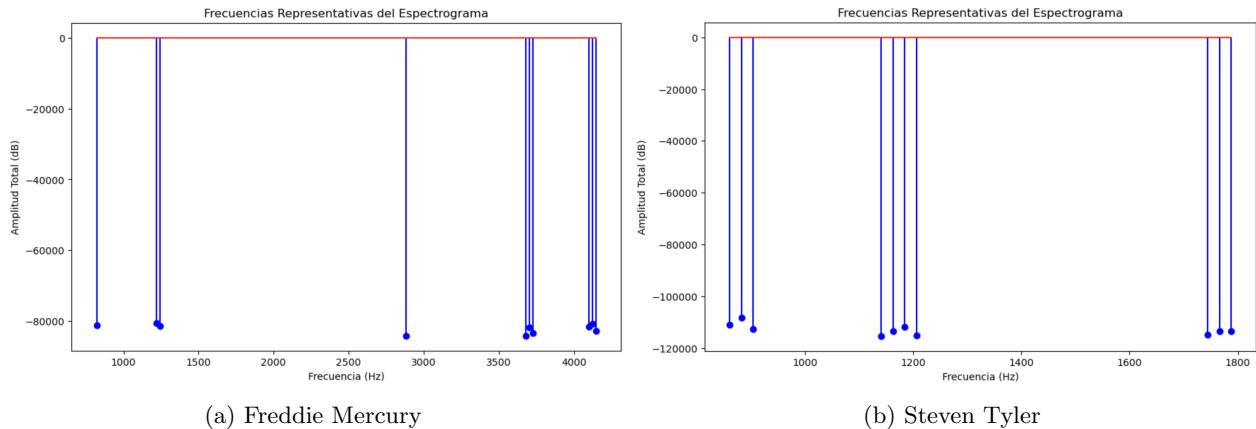
Freddie Mercury está abarcando una rango muy amplio de Hercios (0 a 16,384 Hz) y mantiene su estructura en decibeles de manera uniforme a lo largo de los 25 segundos analizados. La mayor concentración de información se encuentra entre los 256 y 4,096 hercios con una intensidad entre los 10 y 30 dB.

Steven Tyler también mantiene una estructura uniforme, pero abarca un rango de Hercios menos amplio que el de Mercury (128 a 16,384 Hz). También la mayor concentración de información se encuentra entre los 256 y 4,096 hercios con una intensidad entre los 10 y 30 decibeles.

La voz de Freddie Mercury abarca mayor rango de frecuencias que la de Steven Tyler; resaltan más las graves en el primero. Pero los niveles de frecuencias que comparten son los mismos en cuanto a cantidad de Hercios e intensidad.

5. Significancia

Por último, analicemos únicamente el comportamiento de la amplitud de las frecuencias más representativas.



Freddie Mercury. Las frecuencias más significativas van desde los 900 a 4,500 hercios. Y la mayoría de las amplitudes de sus ondas se encuentran a partir de los -80,000 decibeles. Sus frecuencias están dentro del rango medio y alto.

Steven Tyler. Las frecuencias más significativas van desde los 800 a 1,800 hercios. Y la mayoría de las amplitudes de sus ondas se encuentran entre los -100,000 y -120,000 decibeles. Sus frecuencias están dentro del rango medio bajo y medio.

En resumen, Freddie Mercury abarca frecuencias significativas más extensas que Steven Tyler. Pero Steven Tyler abarca amplitudes de onda significativas más extensas que Freddie Mercury.

4. Conclusión

Hemos ahora introducido al análisis auditivo temas de algoritmos y probabilidad, y como estos nos pueden ayudar a tener una primera idea de lo que sucede detrás de la grabación de una canción o un audio en general.

Recordemos que dijimos que en el mundo musical las cosas se analizan más desde las escalas y ritmos. Fue muy interesante poder analizar las voces por individual de 2 estrellas rock más grandes de todos los tiempos con el uso del lenguaje Python; ya no solo musicalmente, si no numéricamente mediante las amplitudes onda, MFCC, espectogramas y frecuencias significativas.

Aun queda un largo camino por recorrer, pero lo importante es que estamos aprendiendo a realizar nuestros propios análisis. La aplicación de este modelo fue utilizada para el tema musical (canciones), pero estoy seguro que hay análisis todavía más profundos que nos pueden ayudar a entender como es que los dispositivos como google o Alexa reconocen indicaciones de voz por parte de una fuente externa.

5. Referencias

- [1] Mark Paytress. *Historia del Rock*. Parragon, Queen Street 4, Bath, Reino Unido, 2012. p. 6 - 7.
- [2] Estefania Coluccio Leskow. Sonido. En concepto, una enciclopedia online más viva, más simple y más confiable, 2024. URL <https://concepto.de/sonido/>. Accedido el 16 de marzo de 2025.
- [3] Fanny Pirela Sojo. Música. En concepto, una enciclopedia online más viva, más simple y más confiable, 2024. URL <https://concepto.de/musica/>. Accedido el 16 de marzo de 2025.
- [4] Anónimo. Freddie mercury, 2021. URL https://queen.fandom.com/es/wiki/Freddie_Mercury. Accedido el 29 de marzo de 2025.
- [5] Alex.Glez. Orígenes (steven tyler), 2019-2025. URL <https://www.deroceanrol.com.mx/musica/origenes-steven-tyler/>. Accedido el 29 de marzo de 2025.
- [6] María Martín. Las teclas del piano, 2021. URL <https://www.inpartytura.com/las-teclas-del-piano/>. Accedido el 30 de marzo de 2025.
- [7] Pablo Porcar. Los cantantes con mayor rango vocal de la historia, 2018. URL <https://www.binaural.es/noticias/curiosidades/cantantes-mayor-rango-vocal-historia/>. Accedido el 30 de marzo de 2025.