



COFLA II: análisis COmputacional de la música FLAmenca.

J. M. Díaz-Báñez
(responsable del proyecto),
F. J. Escobar,
E. Gómez,
F. Gómez,
J. Mora

1. Introducción

El presente documento recoge el trabajo finalizado correspondiente al proyecto de investigación COFLA II: análisis COMPUTACIONAL de la música FLAMENCA, realizado en el marco de las Ayudas a la Investigación de la Agencia Andaluza para el Desarrollo del Flamenco. Este proyecto se enmarca en el área de Musicología y pretendemos que constituya un motor de investigación científica en torno a la música flamenca. Entendemos que ésta no constituye un mundo cerrado, si no que se encuentra interrelacionada con otras músicas y ciencias, cuyos enfoques constituyen un tratamiento riguroso desde el punto de vista académico que, por otra parte, incentiva a la comprensión, la divulgación, la protección y conservación del más importante Patrimonio Musical Andaluz.

El objetivo fundamental que se persigue en este proyecto es continuar con el estudio analítico de las estructuras musicales flamencas usando técnicas ya exploradas en otras músicas, que se basan en el uso herramientas computacionales. Este proyecto se plantea como la continuación de su homónimo existente en el Observatorio Flamenco de la Agencia. De este modo, se ha utilizado tecnología ya desarrollada y hemos ampliado el software adaptándolo a los objetivos marcados en el transcurso del proyecto. Contrastando los resultados con la metodología desarrollada en áreas como historia, semiótica, literatura, musicología y antropología del flamenco, se pretende avanzar en el conocimiento riguroso de la música flamenca. Debido a la escasa investigación científica en la musicología del flamenco, se plantean distintas fases de actuación que abarcan desde la creación de un corpus de transcripciones o anotaciones musicales significativo hasta el diseño de algoritmos eficientes para calcular distancias entre dos melodías. Entre los aspectos fundamentales en los que se pretende indagar pueden destacarse los orígenes del flamenco, evolución y relación entre los distintos estilos, propiedades de preferencia de estilos, influencia de músicas externas a Andalucía o búsqueda de estilos ancestrales.

En este trabajo presentamos los resultados a día de hoy, así como reflexiones sobre cómo afrontar algunas dificultades y orientar el trabajo futuro de un área nueva de investigación denominada "Teoría computacional de la Música Flamenca". En la página web del Investigador Principal, <http://www.personal.us.es/dbanez>, se ha adjuntado un enlace a la web que hemos diseñado para el proyecto COFLA , <http://mtg.upf.edu/research/projects/cofla>, en el que se actualizará toda la información referente a las actividades relacionadas con el proyecto, lo que ayudará a su divulgación y posibilitará otras colaboraciones de investigadores interesados en el tema.

Cabe reseñar, antes de entrar en la materia de investigación que nos ocupa, que los profesores José Miguel Díaz Báñez y Francisco J. Escobar Borrego han organizado, en el marco del **proyecto COFLA** y el **Programa de Doctorado** "El

flamenco. Acercamiento multidisciplinar a su estudio", el "I Congreso Interdisciplinar Investigación y Flamenco, *INFLA*". Dicho evento, celebrado los días 8 y 9 de junio de 2009 en la Escuela de Ingenieros de la Universidad de Sevilla ha contado con el apoyo tanto de la Agencia Andaluza para el Desarrollo del Flamenco como la Universidad de Sevilla y han participado investigadores como José Luis Ortiz Nuevo, Cristina Cruces, Emilia Gómez, Francisco Perujo, Eusebio Rioja y Philippe Donnier, entre otros, que abordaron diversos aspectos del flamenco y su desarrollo como objeto de estudio. El objetivo fundamental que se persigue en este evento es crear un espacio universitario que constituya un motor de investigación en torno a la música flamenca. Por ello, la principal novedad que propone este congreso es la creación de un espacio de presentación libre de trabajos que se realicen en cualquiera de las áreas de investigación desde las cuales se está abordando actualmente el estudio del arte flamenco. Actualmente, se están elaborando las actas del congreso, donde se recogerán por escrito los trabajos presentados y podrán servir de referencia para próximos trabajos sobre el flamenco. La información completa y el programa de todas las presentaciones se encuentra disponible en la página web:

<http://congreso.us.es/iflamenco>

2. Objetivos

El objetivo fundamental del proyecto radica en el estudio de los aspectos musicales del flamenco haciendo uso de herramientas informáticas y tecnológicas. A parte del avance de investigación, se persigue fortalecer el estudio de la música flamenca como una cuestión académica en la universidad y divulgar las propiedades intrínsecas a este arte por distintos escenarios de investigación internacionales.

El antecedente del proyecto actual lo encontramos en el proyecto homónimo, también financiado por la Agencia Andaluza para el Desarrollo del Flamenco, en su convocatoria para el año 2007. En proyecto COFLA I, se creó un corpus compuesto por doce deblas y doce martinets, interpretados cada uno de ellos por diferentes cantaores y, a partir de éste, se realizaron varias tareas como:

- Extracción manual de aspectos armónicos del corpus de cantes. Se realizó un exhaustivo análisis de diferentes aspectos armónicos: filiación por tonalidad, agrupación de tonalidades, búsqueda de estructuras melódico-arquetípicas, influencias canónicas, etc.
- Extracción manual frente a extracción automática de las melodías del corpus. Por un lado, se realizó una extracción manual del contorno

melódico, así como una búsqueda de posibles parámetros melódicos que definan un palo. Por otro lado, se buscó la forma óptima de realizar una extracción automática de la melodía lo más fiable posible, para a continuación encontrar una medida de similitud melódica adecuada que nos permita diferenciar cantes de diferentes palos, así como la posible conexión entre diferentes cantaores interpretando el mismo cante. Para ello, se contó con las últimas tecnologías para extracción automática de melodías, así como con diferentes algoritmos de similitud melódica.

Los objetivos marcados para nuestro nuevo proyecto, que supone una continuación del anterior son:

1. *Mejora en la extracción automática.* El proceso de descripción melódica es sin duda uno de los más complejos del proyecto, además de ser un punto crítico, pues una mala extracción provocaría unos resultados poco válidos. Las especiales características musicales del Flamenco provocan que la tecnología utilizada para otras músicas presente bajas prestaciones cuando la aplicamos al Flamenco. Por tanto, la mejora de esta fase se antoja esencial. En caso de tener acceso al código fuente del proyecto MAMI, se podría rediseñar el algoritmo para adaptarlo a las especiales circunstancias de estos cantes. O bien, se podría diseñar un nuevo algoritmo de extracción automática de melodías, que considere todos los aspectos básicos del cante flamenco.
2. *Ampliación del corpus de deblas y martinetes.* Aunque la colección de piezas musicales con la que hemos trabajado es representativa de estos cantes, por haber sido seleccionada cuidadosamente entre los intérpretes más característicos, no es demasiado extensa. Un siguiente paso podría ser conseguir un corpus de mayores dimensiones y aplicar la misma metodología aquí seguida, con objeto de validar su buen funcionamiento. El inconveniente de este punto radica en la dificultad para encontrar grabaciones de calidad de estos cantes.

3. *Análisis de otros estilos.* La continuación natural de este proyecto sería aplicar el estudio aquí recogido a otros palos del Flamenco. Al introducir cantes con acompañamiento musical, la complejidad de la fase de descripción automática aumentará considerablemente, si bien entendemos que la ampliación de este trabajo a otros palos diferentes a las tonás sería de gran importancia, dándole aún más valor a las aplicaciones mencionadas en el apartado anterior.

4. *Aplicación de nuevas medidas de similitud melódica* que se puedan adaptar a las características del Flamenco. Para esta fase de similitud melódica, se podría desarrollar algún algoritmo que trabajara con la curva de frecuencia fundamental directamente, sin tener que ajustarla a la escala temperada y a notas MIDI, pues asumimos que estamos perdiendo información al realizar esa aproximación.

5. *Búsqueda de parámetros melódicos definitorios de los cantes.* Este trabajo de investigación se ha centrado, como ya se ha visto, en el análisis del contorno melódico. Existen ciertas características aisladas en estos cantes que pueden definir un estilo. Estos parámetros melódicos pueden permitir identificar y distinguir un estilo de otro. Por tanto, se podría plantear la opción de codificar estos parámetros de alguna forma e integrarlos en el análisis automático. Esto presenta dos dificultades: por un lado, la codificación de algunos de estos parámetros presentaría una gran dificultad (por ejemplo, repeticiones de versos, apariciones de algunos “Ays” o Ayeos en ciertos momentos de la interpretación, etc.); por otra parte, estos parámetros son en su mayoría únicos y exclusivos de cada palo. Por tanto, si

quisiéramos estudiar otros palos distintos, tendríamos que volver a redefinir y codificar estos parámetros.

6. *Uso de otros aspectos musicales*, como el ritmo, la armonía o el timbre, podrían integrarse también con el objetivo de diseñar una herramienta que considere todos los ámbitos que pueden definir una obra de Flamenco.

A continuación se exponen los pasos ejecutados sobre la descripción de las melodías contenidas en el corpus elegido. Este trabajo ha sido llevado a cabo en los centros ETSII (Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales de Sevilla) , Escuela Técnica de Informática de la Universidad Politécnica de Madrid y en el Departamento de Tecnología y el Instituto Universitario del Audiovisual de la Universidad Pompeu Fabra en Barcelona, para lo cual ya se han celebrado varias reuniones de trabajo entre los integrantes del grupo de investigación.

3. Trabajo realizado

3.1 Creación del corpus ampliado

Hemos constituido un corpus sonoro significativo de cantes de fragua interpretado por las figuras centrales de estos estilos. Se han considerado cantaores a los que se les asigna la autoría o difusión de cada palo, otros más recientes y de distintas tesitura con objeto de tener un corpus completo. Por ejemplo, como se desea estudiar las características definitorias de la debla, la colección contiene a Tomás Pavón, Chocolate, Antonio Mairena, Naranjito de Triana o Pepe de Lucía. Dichas grabaciones tiene las siguientes características:

- Instrumento: voz cantada
- Fragmentos monofónicos (sin instrumentación)
- Formato: ficheros mono (1 sólo canal) wav (44,1 KHz de frecuencia de muestreo y codificación 16 bits).

La colección que se ha utilizado está compuesta por un conjunto de deblas, martinets y tonás, un total de 135 piezas enteras, que no cuenta con ninguna segmentación previa (por ejemplo, en frases o para descartar los fragmentos con guitarra, algún otro instrumento, silencios o jaleos).

Después de analizar cuidadosamente los audios, hemos realizado un filtrado que consideramos oportuno para llevar a cabo un estudio de clasificación, dando lugar a un total de 77 cortes. Los tipos de cantes que forman la ampliación final de la muestra son los siguientes, con indicación de los cortes correspondientes a cada uno:

<u>Tipos de toná</u>	<u>Ejemplares</u>
Martinetes 1	27
Martinetes 2	20
Deblas	11
Tonás	19

El filtrado manual llevado a cabo se resume como sigue:

- Eliminación de los ayeos iniciales, siempre que se trate de ayes bien diferenciados del resto de cante, o con melodía propia. Dejo los breves ayeos, ligados a la palabra siguiente y con la misma nota musical de la sílaba que le sigue. Esto no altera la estructura del cante, y quitarlo lleva a que suene “raro” y sin aire (silencio breve) inicial.
- En los cortes en que aparecían dos tercios (frases) flamencos se ha recortado siempre dejando solo el primero. Así, la muestra gana en homogeneidad. Ver lo que se dice para el grupo de martinetes 2
- Eliminación el jaleo final (“oles”) de los cortes, si tienen mucho peso por su duración o su volumen. En especial, se han cortado los jaleos de *El Barcelona* a *Antonio Mairena*.
- En algunos cantes, se identifica al cantaor si es distinto al que aparece en el nombre del fichero.
- Se eliminan de la muestra algunos de los cantes. Las razones son no corresponderse con algunos de los cuatro tipos de tonás de este corpus.

Las claves de que identifican a cada fichero son:

M1_ Martinete tipo 1
 M2_ Martinete tipo 2
 D_ Debla
 TI_ Toná-íncipit del martinete 2

Martinetes 1

Martinete tipo 1 o martinete de *Los Pelaos de Triana*. Es el tipo de martinete más grabado. De 12 iniciales pasamos a tener 27.

Martinetes 2

Martinetes tipo 2. Trianeros como los anteriores, se llaman también martinetes redoblados, porque se suele repetir (redobla) el primer o los dos primeros versos. El martinete tipo 2 suele ser el segundo que se canta en la interpretación romanceada de los martinetes (serie de martinetes con letras relacionadas, con un asunto o tema común). Este tipo de martinete, además, es la base usual de la saeta por martinete.

Este tipo de martinete no estaba en nuestra primera muestra del proyecto COFLA I. Su incorporación plantea algunos problemas, cuya solución se indica.

La estructura de este martinete es, en esquema:

ESTRUCTURA	TERCIOS	DESCRIPCIÓN
Toná de cabecera (Íncipit)	Primer tercio	Primer tercio de una toná preexistente
	Segundo tercio	Segundo tercio de la misma toná
Cuerpo del martinete	Tercer tercio	Primero del cuerpo del martinete 2. La letra suele ser repetición del primer tercio.
	Cuarto tercio	Segundo del cuerpo del martinete 2. La letra suele ser repetición del segundo tercio.
	Quinto tercio	Tercero del cuerpo del martinete 2. La letra es el tercer verso de la copla.
	Sexto tercio	Cuarto del cuerpo del martinete 2. La letra es el cuarto verso de la copla.

Este esquema admite pequeñas variaciones. En algunos casos, el *incipit* o *toná de cabecera* se reduce a un solo tercio.

A la vista de este esquema, es claro que no podemos analizar el primer tercio cantado como representativo de este martinete, como hemos hecho con martinetes 1 y deblas. En esos otros casos, el primer tercio es el de exposición del cante, y a cualquier aficionado le basta para reconocerlo. Pero en el caso del martinete 2 lo que se inicia es una toná y hasta el segundo o tercer tercio no podemos saber que se ha derivado a un martinete. Por otro lado, el motivo típico del martinete 2 tampoco aparece en un lugar fijo, estando en el segundo o tercer tercio, dependiendo de que el *incipit* por tonás tenga uno o dos.

La solución está en extraer el primer tercio en que se exponga el motivo musical del martinete 2, identificándolo de oído entre el segundo y tercer tercio de cante, según versiones. Así se ha hecho y, en consecuencia, se ha reelaborado toda la muestra de martinetes 2.

Deblas

Se han rescatado del corpus de 135 deblas un total de 11 para añadir a las 12 que ya teníamos en el corpus de COFLA I.

Tonás - incipit

La muestra inicial de martinetes 2, compuesta de primeros tercios, es en realidad una muestra de tonás en sentido restringido (en el sentido en que se identifican subtipos de cantes *a capella*, y no se designan genéricamente a todos ellos). Parece sensato aprovecharla como nuevo grupo de cantes, diferente a los martinetes y deblas. Para esto, se han limpiado cada uno de los ejemplares, reduciéndolos al primer tercio de exposición de la toná.

En realidad, el grupo de tonás propiamente dichas tiene una gran variedad melódica y no es fácil establecer regularidades. Complicación, por tanto, para nuestros propósitos. Se trata siempre de cantes "cortos", con pocos melismas o repeticiones y sin grandes alardes de ejecución, salvo en algunos ejemplos de Los Puertos o creados por Antonio Mairena. Aunque puede ser considerados cantes "livianos", las tonás tienen un gran sabor musical, que las hace muy apreciadas por los buenos aficionados.

En el caso de esta muestra, al tratarse de tonás de cabecera o *incipit* del martinete tipo 2, los motivos musicales se repiten relativamente, al tratarse de citas de viejas tonadas trianeras habituales para entrar en el martinete redoblaio.

3.2 Estudio manual de similitud melódica

Como primer paso, hemos realizado un estudio manual de similaridades de los objetos del corpus ampliado con criterios musicológicos distintos a la extracción de *pitch* y contorno melódico. De este modo, podremos contrastar, con un argumento externo de comparación y, si es posible, de validación, con los árboles que se obtengan del estudio de clasificación automática.

Como es evidente, aunque no se aborde directamente el contorno melódico de las muestras, las variables que se estudien no pueden estar muy alejadas de ello. En primer lugar, porque no puede estudiarse una pieza musical ignorando por completo su melodía (salvo en el caso de estudios específicos de ritmo, por ejemplo), y, en segundo lugar, porque un criterio de validación externo no puede ser en absoluto independiente del objeto estudiado.

En lo que sigue realizamos un estudio musicológico exhaustivo del corpus elegido, señalando las variables que hemos apreciado en los estilos de *debla*, *martinete1* y *martinete 2*. Para definir las proximidades entre cantes, se han definido unas variables que entendemos son definitorias y cuantificables de cada variante.

Grupo de Martinetes 1

VARIABLES DE MUESTRA DE MARTINETES 1

La muestra de Martinetes 1 está formada por 39 grabaciones, de las cuales 12 pertenecen al corpus original de COFLA I (primer experimento) y 27 a la ampliación posterior.

Hemos considerado y desechado variables que, sin embargo, pueden resultar muy importantes para los aficionados. Por ejemplo, el 'rajo flamenco' de la interpretación, o la que podríamos llamar 'factor sorpresa' y que consiste en desviaciones deliberadas del canon del cante que sorprenden y entusiasman a los auditorios. Ambas variables, sin embargo, son difíciles de medir; además, por un lado, el rajo flamenco no es interesante para los propósitos de nuestro estudio. Por otro, como se ve en los análisis realizados, el impacto del factor sorpresa (hacer el cante como no se espera) puede estimarse a partir de medidas más objetivas.

Algunas de las variables definidas tienen en cuenta que en el primer tercio del Martinete 1 pueden distinguirse dos partes o hemistiquios, separadas

por una cesura, de obligada ejecución y siempre bien marcada por los intérpretes.

Descripción de las variables:

- 1 Rep_Exp**
 Repetición de la exposición (total o parcial) del primer hemistiquio.
 En algunos cantes, se repite el primer hemistiquio sin que las diferencias de letra o melodía sean significativas.
 Valores: S N (Sí, No)
- 2 Flexa**
 Caída IV-III ó IV-IIIb al final del primer hemistiquio.
 El remate habitual del primer hemistiquio es en el IV grado, cuyo sonido se mantiene antes de la cesura. Algunos cantaores, sin embargo, hacen una caída melódica al III o III bemol, claramente intencional y que no puede confundirse con la pérdida de afinación consecuente a la falta de tensión respiratoria o falta de *fiato*.
 Valores: S N
- 3 Agudo**
 Grado de la escala más agudo a que se llega a lo largo de ambos hemistiquios.
 Lo habitual y lo obligado es llegar al IV grado. Algunos cantaores llegan al V.
 Valores: 4, 5
- 4 Subidas_2H**
 Subida al agudo (4º o 5º grado) que se ejecuta en el segundo hemistiquio, como un eco del remate del primero
 Habitualmente tiene la topografía de un neuma de tres notas (III - IV - III), llamado *pes flexus* ó *torculus*. La subida se toma en cuenta de todos modos, aunque el neuma ejecutado fuera un *pes* de dos notas: (III - IV) o el *torculos* sube hasta el 5º grado.
 El valor de esta variable indica el número de veces que se repite el neuma y se alcanza el 4º ó 5º grado, tras la exposición del primer hemistiquio.
 En la muestra estudiada hay mucha variabilidad a este respecto. El rango es de 1 a 8 subidas al agudo en el segundo hemistiquio. Es evidente que suena distinto un martinete que apenas roce el agudo frente a otro en que los agudos se mantengan y reiteren. La variable, por tanto, es pertinente. Sin embargo, es irrelevante al oído si un cantaor sube 2 ó 3 veces al agudo, e igualmente es difícil distinguir los martinetes sobre la base de si son 3 ó 4 los accesos al agudo. En este caso, la dispersión de datos introduce una variabilidad artificial, que no se corresponde a la percepción intuitiva de los cantes.
 Por ello, se ha recodificado esta variable de modo que parece satisfactorio a nuestros propósitos. Se le da un valor '1' si está bajo la media de valores, menos una sigma. Se da valor '2' si la

puntuación inicial está en el intervalo de la media más/menos una sigma. El valor '3' se da para valores iniciales superiores a la media más una sigma.

Esta recodificación tiene, según entendemos, una ventaja añadida. La determinación inicial del número de veces que se accede al agudo en el segundo hemistiquio se ha hecho de oído. En los casos de melismas muy rápidos, es posible un error de apreciación. Si el número exacto de subidas al agudo se sustituye por otro más reducido de categorías ordenadas, la medida se hace más robusta y fiable.

5 Caída

Nota musical de la caída o cadencia del cante.

El segundo hemistiquio del Martinete 1 remata el tercio con una caída al segundo grado de la escala, en la gran mayoría de ejemplos estudiados. Aunque no es una característica estructural, es frecuente que en este caso el tercer grado se bemolice en la escala descendente, lo que produce ecos fríos en la cadencia. En un caso de la muestra, en cambio, hay una caída inusual a la tónica, manteniendo además el tercer grado natural.

Valores: 1 (caída a tónica) 2 (caída al segundo grado).

6 Duración

Duración absoluta del primer tercio estudiado, en segundos.

Esta variable evalúa de modo indirecto pero muy objetivo la cantidad de redobles de letra, y extensión de los melismas. Desde el punto de vista de la investigación, incorporarla a los análisis aumenta la varianza explicada. Desde el punto de vista de los estilos percibidos de cante, marca con claridad diferencias entre los cantaores clásicos y la escuela de Antonio Mairena, por ejemplo. Además, algunos de los efectos sorpresas que he citado antes tienen que ver con modos de 'recortar el cante' que se traducen en su diferente duración.

Es claro que no resulta lo mismo cantar una misma frase en 10 que en 25 segundos. Ya no resulta tan claro decir si hay diferencias dignas de consideración entre realizaciones de cante que duren 16 y 17 segundos. Por esta razón, hemos optado por tipificar esta variable con igual criterio que en el caso de las subidas al agudo, reduciendo así la variabilidad espúrea.

Valores:

1 (valor inferior a la media menos una sigma)

2 (valor en el intervalo de la media más/menos una sigma)

3 (valores superiores a la media más una sigma)

Clusters dentro de los Martinetes 1

En primera instancia definimos unos *clusters* de modo semi-intuitivo, a partir de la consideración de algunas de las variables anteriormente descritas. Sin embargo, es preciso reelaborar ese material. Se ha preparado un Análisis de Clusters mediante otro de Componentes Principales Categóricos, extrayendo 3 dimensiones. El modelo CPC se ha validado mediante examen de las variables,

todas ellas categorías nominales u ordinales y la obtención de un Alfa de Cronbach de 0,951 desde luego mejorable, pero que estimo suficiente para nuestros objetivos. Aunque una solución bidimensional es más atractiva desde el punto de vista visual, se ha desechado por descender el Alfa de Cronbach a 0,879 y la inercia total.

Resultados de *clustering* para Martinete 1

Se han definido 6 clusters. Es un número razonable y permite una dispersión de datos también razonable. El modelo prima las diferencias a partir de valores no compartidos con otros sujetos, y tiende a minimizar diferencias cuando estas se comparten por subgrupos. Así, la caída a la tónica en vez de al segundo grado, que solo se da en un sujeto (M1-47), define todo un cluster, mientras la subida hasta el quinto grado, más común, no. Esto se podría corregir cambiando el peso de las variables, pero creo que ello está fuera de nuestro objetivo actual.

El cluster 1 está definido sobre todo por la presencia de una flexa al final del primer hemistiquio. Los 12 cortes que forman el cluster tienen esa característica. El resto de características son las del martinete canónico: no hay repetición del primer hemistiquio, la caída del tercio se hace al segundo grado y el agudo llega hasta el cuarto grado. Este cluster está formado por algunas grabaciones de A. Mairena y de sus seguidores.

El cluster 2 lo forman 21 grabaciones. Corresponde con la forma más canónica y trianera del martinete. El primer hemistiquio termina siempre en el cuarto grado, sin flexa. No hay repetición de texto y la caída del tercio es siempre al segundo grado. Si lo anterior es constante en todo este subgrupo, no lo es el agudo máximo, que puede ser al cuarto o quinto grado.

El cluster 3 lo forman tres cortes. Tiene unos contenidos muy próximos a los del cluster 2, donde se integraría si redujéramos el número de clusters. Las diferencias estriban en que en este subgrupo la interpretación es virtuosística, con profusión de melismas, lo que se traduce en una duración excepcionalmente alta, y se sube siempre al quinto grado, reiterando esta nota entre 6 y 8 veces, más de dos sigmas por encima de la media.

El cluster 4 lo forma un solo objeto. Se caracteriza por la repetición del primer hemistiquio, inusual en estos martinetes. El resto de características coinciden con las del cluster 1.

El cluster 5 está formado por un solo objeto. Está definido por la caída del tercio a la tónica, en vez de al segundo grado. Desde luego, esa caída hace sonar raro al martinete a los oídos de los aficionados. Tomada en el conjunto de las tres dimensiones encontradas, es la variable que mayores distancias marca

respecto al resto de subgrupos. Si se redujeran los clusters a solo dos, este objeto formaría uno de los clusters, estando el resto de objetos en el otro.

El cluster 6 lo forma un solo objeto. Se caracteriza por la repetición del primer hemistiquio, como pasaba en el cluster 4, aunque el resto de características coinciden con las del cluster 2, en vez del cluster 1 como ocurría en el caso del cluster 4. De todos modos, si se reduce el número de cluster a tres, los clusters 4 y 6 formarían un cluster conjunto antes que unirse a los 1 y 2. Esto subraya el peso de la repetición de texto, común a ambos objetos.

En la hoja de cálculo que se adjunta al final del informe se incluyen gráficos con las distancias relativas entre clusters. Las limitaciones propias de la herramienta EXCEL impide una buena emulación de gráficos tridimensionales, por lo que nos limitamos a la proyección bidimensional de subconjuntos de dimensiones. En un gráfico con las dos primeras dimensiones, se representan además cada cluster por círculos cuya superficie es proporcional a las grabaciones que lo forman.

Se incluye aquí un dendograma con todos los casos. Tiene también estructura de árbol y traza distancias entre objetos y entre las agrupaciones que con ellos pueden formarse. Salvando lo que se dice en otro lugar, puede servir para comparaciones con las salidas de Splits Tree.

Dendograma - Árbol de distancia entre Martinetes 1.

C A S O	0	5	10	15	20	25
Etiqueta	Num	+-----+-----+-----+-----+-----+				
M1-61	38	òø				
M1-62	39	òú				
M-28	5	òú				
M1-50	27	òú				
M1-51	28	òú				
M1-46	23	òú				
M1-48	25	òú				
M1-44	21	òú				
M1-45	22	òú				
M1-40	17	òú				
M1-42	19	òú				
M1-36	13	òú				
M1-39	16	òú				
M-32	9	òú				
M-33	10	òú				
M-35	12	òú				
M1-49	26	òòòø				
M1-57	34	òú ó				
M-27	4	òú ó				
M1-52	29	òú ó				

M-25	2	ò÷ ó		
M1-59	36	òø ó		
M1-60	37	òú ó		
M-24	1	òú ùòòòòòòòòòòòòòòòòòòø		
M1-53	30	òú ó	ó	
M1-58	35	òú ó	ó	
M1-38	15	òú ó	ó	
M1-43	20	òú ó	ó	
M-34	11	òú ó	ùòòòòòòòòòòòòø	
M1-37	14	òú ó	ó	ó
M-30	7	òðò÷	ó	ó
M-26	3	òú	ó	ó
M1-54	31	ò÷	ó	ùòòòòòòòòòòòòòòòòø
M-31	8	òø	ó	ó
M1-55	32	òðòòòòòòòòòòòòòòòòòòòòòòòò÷	ó	ó
M-29	6	ò÷	ó	ó
M1-41	18	òòòòòòòòòòòòòòòòòòòòòòòòòòòòòò÷		ó
M1-56	33	òòòòòòòòò÷		ó
M1-47				

Valoración final del grupo Martinete 1

Si consideramos globalmente los resultados obtenidos, la valoración es satisfactoria. Los matices del primer tercio del martinete tipo 1 de Triana (matices de una parte, a su vez de otra parte de un cante) parecen bien recogidos. Como aficionado, si tenemos que clasificar estos primeros tercios de cante parece que tanto los criterios adoptados como los resultados de la clasificación son más que aceptables. Si otros abordaran esa misma tarea, seguro que coincidirían en gran medida con lo aquí expuesto, salvo que se eligiera como argumento de la clasificación a enfoques pseudohistóricos (“este cante es distinto del segundo, por que el primero lo cantaba Curro de la Pabla, que era de Triana, y el segundo lo cantaba La Borrigo, que era de Los Puertos”) o intangibles y místicos (“el primer martinete es diferente al segundo, porque tiene más rajo”), argumentos ambos con los que no podemos competir.

Una problemática que apreciamos radica en el peso desproporcionado que adquieren algunas de las variables, tanto más desajustado cuanto menor es el número de ellas. ¿Por qué repetir texto (“redoblar”, en la tradición flamenca), por ejemplo, tiene menos valor para establecer buenas distancias que cambiar la nota de remate de un tercio? Véase los objetos *outsiders* (clusters 4, 5 y 6), demasiado alejados del resto. Mucho más razonable parecen los clusters 1, 2 y 3, tanto desde el punto de vista de su criterio de agrupación y sus distancias relativas como por la correspondencia entre los resultados de este ejercicio y los conocimientos previos del aficionado. Dicho de otro modo: los clusters 1, 2 y 3 parecen válidos y fiables. Los clusters 4, 5 y 6 (en realidad, tres objetos) no sabemos si son válidos, pero en todo caso no son muy fiables.

Nuestro problema es aún más complejo. Si estamos trabajando con extracción de contornos melódicos, en principio cada nota tiene la misma

importancia que las demás; pero esto en la realidad no es así. Tomemos como ejemplo la variable 'Caida' que antes he criticado por haber adquirido un valor estructural mayor que el que pudiera tener en la realidad. Con todo, la resolución de una frase en primer o segundo grado cambia por completo el sentido musical del párrafo. Desde el punto de vista de la comparación bruta de contornos, hay diferencias en una o dos notas. Desde el punto de vista musical, hay diferencias en una semicadencia que altera la semántica del texto. Hay que decir que no tenemos un instrumento acabado de comparación y que hemos de aceptar errores e imprecisiones al comparar clasificaciones que se hacen con diferente lógica. En resumen, creemos que tenemos una buena aproximación a un criterio externo de comparación (que no de validación) con los árboles automáticos de Splits Tree.

Grupo de Martinetes 2

Se han estudiado las similitudes de los objetos comprendidos en el corpus de Martinetes 2, con criterios musicológicos manuales distintos a la extracción automática de *pitch* y contorno melódico, siguiendo con el planteamiento hecho con los Martinetes 1. La estructura y lógica seguida en este análisis sigue el anterior de Martinetes 1.

Muestra

La muestra de Martinetes 2 está formada por 20 grabaciones, ninguna incluida en el corpus original (primer experimento de COFLA I). En esta muestra no hay ningún corte sonoro repetido.

Cada registro comienza con el identificativo 'M2-' seguido de un número de orden, desde el 63 al 82, ambos inclusive. El orden en que se numeran los registros coincide con el de aparición de cada fichero audio.

Variables estudiadas

Con objeto de homogeneizar los estudios de cada palo, se han definido unas variables lo más parecidas posible a las del análisis del Martinetes 1. Algunas de ellas, sin embargo, han tenido que ser desechadas del análisis *a posteriori* al tener el mismo valor para todos los objetos de la muestra y carecer de capacidad de discriminación. Más que variables, han resultado ser constantes. Se indica cuáles son, de todos modos, para que consten entre los aspectos que se han tenido en cuenta.

Rep_Exp	Repetición de la exposición (total o parcial) del primer hemistiquio, sin que las diferencias de letra o melodía sean significativas. En ningún elemento de la muestra hay repetición
Flexa	Caída tonal intencionada al final del primer hemistiquio, diferente a la curva melódica canónica. No ocurre en ningún elemento de la muestra.
Caída	Nota musical de la caída o cadencia del cante. Todos los cantaores de la muestra resuelven la caída del cante del mismo modo. Una posible excepción es Manuel Agujetas, pero tras escuchar repetidamente su corte sonoro he decidido que debe interpretarse su caída de cante como estándar aunque, eso sí, con la imprecisión tonal y de afinación propia de este cantaor. Por otro lado, la peculiaridad del cante de M. Agujetas se marca bien con otras variables del análisis, por lo que no hay peligro de que al eliminar esta variable se reduzca indebidamente la variabilidad de los datos.

Se ha considerado también una nueva variable ‘Cesura’, que recoge la existencia de una pausa realizada tras la 3ª o 4ª sílaba, aproximadamente a la mitad del tercio. Esta pausa divide al tercio en dos hemistiquios. La variable es pertinente, porque nos consta que algunos cantaores no la hacen y es una fuente de variación en este palo. En nuestra muestra, sin embargo, todos los cantaores realizan la cesura, por lo que ha debido ser eliminada la variable del análisis, *a posteriori*.

Por ser relevante en este tipo de martinete, se ha incorporado una nueva variable, ‘Simetría’ que no estaba en el análisis de Martinetes 1 y que se describe después.

Descripción de las variables:

- 1 **Agudo**
Grado de la escala más agudo a que se llega a lo largo de ambos hemistiquios.
Lo habitual es alcanzar el VI grado. Algunos cantaores llegan al IV ó V tan solo. Depende sin duda de las facultades de cada uno, pero influye poderosamente en el desarrollo de la melodía y en el ‘color’ del martinete.
Valores: 4, 5, 6
- 2 **Subidas_2H**
Subida al agudo (4º, 5º ó 6º grado) que se ejecuta en el segundo hemistiquio.
Habitualmente tiene la topografía del neuma llamado *pes flexus* ó *torculus*. En algunos casos, tiene la estructura del neumas *pes* de dos notas, que puede presentarse aislado o encadenado a otro *pes*.

El valor de esta variable indica el número de veces que se repite el neuma y se alcanza el agudo, entendido siempre en el segundo hemistiquio.

En la muestra estudiada hay mucha variabilidad a este respecto. El rango es de 1 a 8 subidas al agudo en el segundo hemistiquio. Por las mismas razones que en el análisis de Martinetes 1, se ha recodificado esta variable. Se le da un valor '1' si está bajo la media de valores, menos una sigma. Se da valor '2' si la puntuación inicial está en el intervalo de la media más/menos una sigma. El valor '3' se da para valores iniciales superiores a la media más una sigma.

Como se indica en el análisis de Martinetes 1, la recodificación de esta variable en tres categorías ordinales hace la medida más robusta y fiable.

3 Simetría

Distribución de los melismas del segundo hemistiquio respecto al punto de máximo agudo (habitualmente, el 6º grado).

El segundo hemistiquio del Martinete 2 es rico en melismas, con diferentes subidas al agudo. Una de esas subidas expone la nota más alta del tercio, casi siempre el 6º grado que se alcanza una sola vez. La variación en este aspecto reside en la distribución de los melismas respecto al agudo máximo. Los melismas pueden distribuirse simétricamente, antes y después del agudo, o acumularse antes o después.

Valores:

C Distribución simétrica. Posición central del agudo en el segundo hemistiquio. Ejemplo: M2-64 de El Barullo.

I Distribución con asimetría a la izquierda. Se alcanza el máximo agudo al principio del hemistiquio y la mayoría de melismas se ejecutan después. Ejemplo: M2-66 de D Agujetas.

D Distribución con asimetría derecha. En el segundo hemistiquio se exponen primero los neumas típicos, para rematar con la subida al máximo agudo. Ejemplo: M2-73 de Manuel Mairena. Es la estructura canónica.

4 Duración

Duración absoluta del primer tercio estudiado, en segundos. Esta variable evalúa de modo indirecto pero muy objetivo la extensión de los melismas.

Siguiendo los criterios expuestos en el análisis de los Martinetes 1, he tipificado esta variable con igual criterio que en el caso de las subidas al agudo, reduciendo así la variabilidad espúrea.

Valores:

1 (valor inferior a la media menos una sigma)

2 (valor en el intervalo de la media más/menos una sigma)

3 (valores superiores a la media más una sigma)

Clusters dentro de los Martinetes 2

La identificación de clusters dentro de la muestra de Martinetes 2 se ha hecho por el mismo procedimiento que en el caso de los Martinetes 1. Se ha realizado un Análisis de Componentes Principales Categóricos (CPC), seguido de un Análisis de Cluster. Extrayendo 3 dimensiones, se obtiene un Alfa de Cronbach igual a 1, con el 100 % de la varianza explicada. Extrayendo 2 dimensiones, el Alfa es igual a 0,935

Se exponen los resultados correspondientes a la extracción de tres dimensiones.

Resultados

En la hoja de cálculo adjunta al final del informe se incluye el listado ordenado de objetos que componen la muestra total de martinetes tipo 2, junto con la etiqueta usada para cada uno. Cada objeto va acompañado de su puntuación en las tres dimensiones extraídas y el número del clusters a que pertenece. Se han definido 6 clusters, siguiendo los criterios del análisis de Martinetes 1 El modelo tiene las posibilidades y sesgos que ya se indicó en el anterior análisis.

El cluster 1 lo forman once martinetes canónicos, en estructura y duración, lo que supone una regular cantidad de melimas. M2-66 es el que más se aparta del grupo. El cluster 2 lo forman tres grabaciones. Se caracterizan por la estructura simétrica del segundo hemistiquio. El Barullo (M2-64) es el sujeto menos parecido a sus compañeros de grupo. El cluster 3 lo forman dos grabaciones. Son martinetes de estructura canónica, pero con una duración anormalmente larga debido a la reiteración de melismas. Se trata de cantes virtuosísticos, y sin embargo menos apreciados por los aficionados. El cluster 4 lo forman dos grabaciones. La estructura es canónica pero posee una gran sobriedad en el número de melismas. Sin duda influye la carencia de facultades del cantaor, pero determina un cante corto y por derecho, muy del agrado de los aficionados. Si se reduce el número de clusters, este martinete se clasifica junto a los del grupo 1, al que está muy cercano. El cluster 5 está formado por una sola grabación. Se define por la subida máxima al 5º grado, en vez del 6º habitual. Se trata de un cante lento, por lo que se uniría al cluster 3 en caso de reducción de grupos. El cluster 6 lo forma una sola grabación. Se define por un agudo máximo corto, en el 4º grado. Influye la falta de facultades del cantaor, pero llega a ser un estilo interpretativo, que algunos identifican como "jerezano". Aunque esa atribución es discutible y muchos jerezanos hacen diferente este martinete, es cierto que esta variante es más frecuente en Jerez que en Triana. Es el cluster más alejado del resto, tomado en su conjunto. Su grupo más cercano es el 5.

y 2, y distintos a la comparación del contorno melódico. La estructura y lógica seguida en este análisis sigue el anterior trabajo con los Martinetes 1 y 2.

Muestra

La muestra de Deblas está formada por 23 grabaciones, de las cuales las 12 primeras, etiquetadas correlativamente como "D1" a "D12" corresponden al corpus original (primer experimento). Las 11 siguientes se añaden como ampliación del corpus y se etiquetan correlativamente desde "D2-13" a "D2-23".

Después de analizar detenidamente el corpus, llegamos a la conclusión de que el corpus ampliado de deblas tiene en realidad cuatro nuevos cantes, en lugar de once. El corpus total lo forman 16 deblas distintas y 7 repeticiones.

Para facilitar la identificación, se ha renombrado D2-18 con el nombre del cantaor, sustituyendo al nombre del registro completo como aparecía en el corpus. El nombre queda así más breve y legible, y sigue la pauta de estilo del resto de grabaciones. Se han unificado los nombres de la muestra respecto a los empleados en el corpus original, para adoptar un estilo común. Cuando aparecen más de un corte por cada cantaor, se añade un dígito tras el nombre de la grabación, para mayor seguridad al identificar los registros.

Variables estudiadas

Se describen las variables estudiadas. Se ha intentado que coincidan con las de Martinetes 1 y 2, en lo posible. Se han incorporado variables nuevas para ajustarse mejor a las peculiaridades del cante estudiado. Algunas de ellas, sin embargo, han tenido que ser desechadas del análisis *a posteriori* al tener el mismo valor para todos los objetos de la muestra y carecer o tener muy baja capacidad de discriminación.

Descripción de las variables:

- 1 **Ay**
Introducción de la letra con un "Ay" típico
Valores S, N (Sí, No)
- 2 **Ay_Sepa**
Ejecución del "Ay" inicial" (o la porción de letra equivalente con que comience el texto) unido o separado del resto.
Valores
a. S Sí. Separado
b. N No. Ligado al resto
- 3 **NotaAtaque**
Nota inicial del tercio. Aunque la nota perceptivamente más destacada del ataque es el 6º grado, puede abordarse el tercio directamente o preparándolo con el 5º grado.
Valores: 5, 6
- 4 **Direc_1H**

- Dirección predominante de la melodía del primer hemistiquio.
Valores
- a. D (Descendente)
La melodía del primer hemistiquio se ataca desde el 6º grado y se desarrolla descendiendo paulatinamente hasta el 4º.
También se considera descendente si hay un rápido pes inicial, del 5º al 6º grado (en forma de apoyatura lenta) y se produce después el descenso hasta el 4º grado.
 - b. S (Simétrica)
El primer hemistiquio comienza con una subida desde el tercer grado hasta el sexto, con bajada posterior al 4º grado.
 - c. A (Ascendente)
- 5 Repet_1H**
Repetición de la exposición (total o parcial) del primer hemistiquio, sin que las diferencias de letra o melodía sean significativas
Valores: S, N (Sí, No)
- 6 Cesura**
Pausa que separa la letra en dos hemistiquios.
Valores: S, N (Sí, No)
- 7 Direc_2H**
Dirección predominante de la melodía del segundo hemistiquio.
Valores
- a. D (Descendente)
 - b. S (Simétrica. Se alcanza el agudo tras subidas progresivas, para descender lentamente después)
 - c. A (Ascendente)
- 8 Agudo_2H**
Grado de la escala más agudo a que se llega en el segundo hemistiquio.
Lo habitual es alcanzar el 7º grado
Valores: 5, 6, 7
- 9 Subidas_2H**
Subida al agudo (5º, 6º ó 7º grado) que se ejecuta en el segundo hemistiquio.
Habitualmente tiene la topografía de *torculus bicúspide*.
El valor de esta variable indica el número de veces que se repite el neuma y se alcanza el agudo, entendido siempre en el segundo hemistiquio.
Como se indica en el análisis de Martinetes 1, la recodificación de esta variable en tres categorías ordinales hace la medida más robusta y fiable.
- 10 Duración**
Duración absoluta del primer tercio estudiado, en segundos.
Esta variable evalúa de modo indirecto pero muy objetivo la extensión de los melismas.
Siguiendo los criterios expuestos en el análisis de los Martinetes

1, he tipificado esta variable con igual criterio que en el caso de las subidas al agudo, reduciendo así la variabilidad espúrea.

Valores:

1 (valor inferior a la media menos una sigma)

2 (valor en el intervalo de la media más/menos una sigma)

3 (valores superiores a la media más una sigma)

Clusters dentro de las Deblas

La identificación de clusters se ha hecho por el mismo procedimiento que en el caso de los Martinetes 1 y 2. Se ha realizado un Análisis de Componentes Principales Categóricos (CPC), seguido de un Análisis de Cluster.

Se han eliminado las siguientes variables del análisis final, por tener baja capacidad de discriminación: Ay, Ay_Sepa, NotaAtaque, Cesura, Direc_2H, y Rec_Subida. La baja contribución de estas variables se confirma desde un análisis intuitivo del aficionado, que las estima como poco relevantes.

Extrayendo 3 dimensiones, se obtiene un Alfa de Cronbach igual a 1, con el 100 % de la varianza explicada.

Resultados

En la hoja de cálculo adjunta al final se incluyen los resultados gráficos de clasificación. Se incluyen gráficos con las distancias relativas entre clusters, con proyecciones sobre subconjuntos de dos dimensiones. Hay también un gráfico con las dos primeras dimensiones en que se representan además cada cluster por círculos cuya superficie es proporcional a los sujetos

Se han definido 6 clusters, siguiendo los criterios del análisis de Martinetes 1. El modelo tiene las posibilidades y sesgos que ya se indicó en los anteriores análisis. El cluster 1 lo forman once deblas canónicas, en estructura y duración. Siguen el modelo de Tomás Pavón, cuya debla está en este grupo ocupando un valor central.

El cluster 2 lo forman tres grabaciones. Siguen el modelo de Tomás, pero recortando mucho el cante. Turroneo y Chano forman este grupo.

El cluster 3 lo forman tres grabaciones. Aunque no difieren en lo esencial del modelo de Tomás, es muy curioso que las grabaciones de este grupo sean las correspondientes a cantores de tradición chaconiana. Y nada hay de Chacón fuera de este grupo.

El cluster 4 lo forman cuatro grabaciones, que corresponden a Jesús Heredia y Naranjito. Se sigue el modelo de Tomás, pero al gusto

Variables del corpus inicial y su árbol filogenético

A continuación se ha añadido el análisis de las muestras de sonido que corresponden al corpus inicial compuesto por 12 deblas y 12 martinetes y que sirve de base a la codificación de las características de cada texto. Al final de la sección se ha añadido el árbol filogenético que corresponde a este estudio.

MARTINETES-1

1 A Mairena

- 1 Ataque DT
- 2 Primer hemistiquio, con neuma cephalicus (liquescens flexa) de caída en Mi (III), tras mantener el IV grado (Fa - Mib)
- 3 Segundo hemistiquio,
Sin redoble
Rizado sobre “fraaa”, con melisma 4-3-4-3-4-3 (al estar calante, en realidad 3-3b-3-3b-3-3b-3-3b)
Exposición de letra (“de la fragua”) sobre el motivo repetido 4-3b-2
Breves accesos al IV grado, que mantienen el canon melódico
Muchos melismas
- 4 Caída a III b - II
- 5 Modo mayor, pero atracción al modal frigio
flexa Fa - Mib
tenor de segundo hemistiquio en Mi que oscila al Mib (melismas)
Caída a Re
- 6 Textos ligados
A la puerta de e e - (Primer hemistiquio)
eee la
fra a a gua a
- 7 Afinación calante (casi ½ tono)
- 8 Duración del texto: 11,74 seg

2 Chano Lobato

- 1 Ataque DT
- 2 Primer hemistiquio , ascendente siempre hasta el IV grado
- 3 Segundo hemistiquio,
Redoble breve al V grado sobre la “a” final del primer hemistiquio: 3-4-5-4 (scandicus flexus)
Exposición de letra (“aquel que”) sobre el motivo repetido 4-3b-2
- 4 Caída III b - II
- 5 Modo mayor
III menor, en caídas
- 6 Textos ligados
Yo ya no era a aa - (Primer hemistiquio)
a a a
aquel que

- e e ra
 7 Vibrato pesado
 8 Duración del texto: 15,1 seg

3 Chocolate

- 1 Ataque DT
 2 Primer hemistiquio, con neuma cephalicus (liquescens flexa) de caída en Mi (III), tras mantener el IV grado (F_a - Mib)
 3 Segundo hemistiquio,
 Sin redoble
 Breves rizados (der mun)
 Exposición de letra (“der mundo”) sobre el motivo repetido 4-3b-2
 4 Caída III b - II
 5 Modo mayor
 III menor, en caídas
 6 Textos ligados
 Aay Ven acá mujé - (Primer hemistiquio)
 der mundo
 7 Vibrato lento
 8 Duración del texto: 8,7 seg

4 Jacinto Almadén

- 1 Ataque DT
 2 Primer hemistiquio , ascendente siempre hasta el IV grado
 3 Segundo hemistiquio,
 Redoble breve al VI grado sobre la “e” final del primer hemistiquio:
 a. 3-4-5-6-5-4 (virga praetripunctis + clivis)
 Exposición de letra (“ee der mundo”) sobre el motivo repetido 4-3b-2
 4 Caída III b - II
 5 Modo mayor
 III menor, en caídas
 6 Textos ligados
 Aay Ven acá mujééé - (Primer hemistiquio)
 e e e ee der muuundooo
 7 Dinámica acusada
 8 La afinación no es muy precisa
 9 Duración del texto: 16,2 seg

5 Jesús Heredia

- 1 Ataque DT
- 2 Primer hemistiquio , ascendente siempre hasta el IV grado
- 3 Segundo hemistiquio,
Redoble repetido al IV grado sobre la “e” final del primer hemistiquio:
a. 3-4 4-3-4-3b-2
b. 2-3-4-3-2
Exposición de letra (“der mundo”) sobre el motivo 2-3-4-3-2
- 4 Caída a II
- 5 Modo mayor
III mayor, aunque la afinación no es precisa
- 6 Textos ligados
Aay Ven acá tu mujééé - (Primer hemistiquio)
e e e e
e e e e
der muuundo
- 7 La afinación no es muy precisa
- 8 Duración del texto: 19,6 seg

6 M Simón

- 1 Ataque DT
- 2 Primer hemistiquio, ascendente siempre hasta el IV grado
- 3 Segundo hemistiquio,
Redoble repetido al V grado sobre la “o” final del primer hemistiquio:
a. 3-4-5-4
b. 3-4-5-4
Exposición de letra (“la Carraca”) sobre el motivo 3-4-3-4--2-3b-2
- 4 Caída a II
III b - II
- 5 Modo mayor
III mayor
a. III menor en caída
- 6 Textos ligados
Aay Lo sacan pooor - (Primer hemistiquio)
o o o o (primer redoble)
o o o o (segundo redoble)
laa Caarraaaca
- 7 La afinación es calante (casi un semitono en la caída)
- 8 Duración del texto: 29 seg

7 Miguel Vargas

- 1 Ataque DT
- 2 Primer hemistiquio , ascendente hasta el IV grado, con neuma cephalicus (liquescens flexa) de caída en Mi (III), tras mantener el IV grado (Fa - Mi natural)
- 3 Segundo hemistiquio,

- Exposición de letra (“cor migo”) sobre el motivo 2-3-4-3-2
 a. Tenor en IV
- 4 Caída III b - II
- 5 Modo mayor
 III mayor, salvo en caída
- 6 Textos ligados
 To viene a chocá - (Primer hemistiquio)
 coor miiigoo
- 7 La afinación es calante (casi un semitono en la caída)
- 8 Duración del texto: 14,45 seg
- 8 Naranjito**
- 1 Ataque DT
- 2 Primer hemistiquio , ascendente siempre hasta el IV grado
- 3 Segundo hemistiquio,
 Redoble al V grado sobre la “e” de comienzo del segundo hemistiquio:
 a. 3-4-3-4-5-4
 Exposición de letra (“El Altozano”) sobre el motivo 2-3-4-3
- 4 Caída a II
 III b - II
- 5 Modo mayor
 III mayor
 a. III menor en la caída
- 6 Textos ligados
 Aay Estando yoooo - (Primer hemistiquio)
 e e e (redoble) laaatoooozaanooo
- 7 Duración del texto: 26 seg
- 9 Pepe de Lucía**
- 1 Ataque DT
- 2 Primer hemistiquio , ascendente siempre hasta el IV grado
- 3 Segundo hemistiquio,
 Exposición de letra (“Ramón”) sobre el motivo 3b-4-3b-2
 a. Tenor en IV
- 4 Caída III b - II
 muy breve la nota de caída
- 5 Modo mayor
 III mayor
 a. III menor en segundo hemistiquio
- 6 Textos ligados
 En la fragua de Tíooo - (Primer hemistiquio)
 oooo Raaamooo ooon
- 7 Duración del texto: 14,77 seg
- 10 Tomás Pabón**
- 1 Ataque ST
 Sensible - tónica
 a. La - Sib
- 2 Primer hemistiquio , ascendente siempre hasta el IV grado

-
- 3 **Segundo hemistiquio,**
 Exposición de letra (“der mundo”) sobre el motivo 3-4-3-2
 a. Tenor en IV
 Muchos melismas
- 4 Caída III b - II
- 5 Modo mayor
 III mayor
 III menor segundo hemistiquio
- 6 Textos ligados
 Ven acá tú mujeeé - (Primer hemistiquio)
 deeer muuundooo - (Segundo hemistiquio)
- 7 Duración del texto: 11,02 seg
- 11 Talegón de Córdoba**
- 1 Ataque DT
- 2 Primer hemistiquio , ascendente hasta el IV grado con neuma cephalicus
 (liquescens flexa) de caída en III, tras mantener el IV grado
- 3 Segundo hemistiquio,
 Exposición de letra (“pena”) sobre el motivo 2-3-4
 a. Tenor en IV
 Pocos melismas
- 4 Caída III b - II
- 5 Modo mayor
 III mayor
 a. Excepto caída
- 6 Textos ligados
 Aay yo no tengo laaa - (Primer hemistiquio)
 peeeenaaa - (Segundo hemistiquio)
- 7 Duración del texto: 15,88 seg
- 12 Turronero**
- 1 Ataque DT
- 2 Primer hemistiquio , ascendente siempre hasta el IV grado
- 3 Segundo hemistiquio,
 Exposición de letra (“la fragua”) sobre el motivo 4-3b-2
 a. Tenor en IV
 Pocos melismas
- 4 Caída a II
- 5 Modo mayor
 III mayor
 a. Menor en segundo hemistiquio
- 6 Textos ligados
 A la puerta deeé - (Primer hemistiquio)
 e e e
 la fragua - (Segundo hemistiquio)
- 7 Duración del texto: 10,30 seg

DEBLAS

13 A Mairena

- 1 Ámbito melódico: 4
 Do Frigio
- 2 Textos ligados
 Aay
 - a. Ayeo corto
 - b. Al suspender el sonido invita a seguir escuchando
 En el barrio
 - c. Exposición lenta, sin redobles
 oooóo oó ooó
 - d. 3s4565-67654
 - e. Bicúspide asimétrico al 7
 oooóo-óoóo de Trianaa
 - f. 3456565654 sobre la 'o'
 Tricúspide simétrico al 6
 - g. 4443 sobre de Triana
- 3 Caída 1 tono
- 4 Duración del texto: 25,5 seg

14 Chano Lobato

- 1 Ámbito melódico: 4ª
 La Frigio
- 2 Textos ligados
 Ay En el barrio
 - a. Redoble bicúspide simétrico al 6
 565654

 oooóoo
 - b. Redoble bicúspide simétrico al 6
 565654
 - c. oó ooó
 Simple al 5
 45443

 de Trianaa
 - d. Sin redoble
 - e. 3443
- 3 Caída medio tono
- 4 Duración del texto: 19,58 seg

15 Chocolate

- 1 Ámbito melódico: 5ª
 Sol Frigio
- 2 Textos ligados
 Ay En el barrio
 - a. Redoble simple al 6
 65654

 oó oooóo oóooo
 - b. Redoble tricúspide asimétrico al 7

343456567654

oooó de Triaaanaaa

c. Redoble simple al 6 sobre la 'o'

345654

d. 4343

3 Caída medio tono

4 Duración del texto: 21,64 seg

16 Jacinto Almadén

1 Ámbito melódico: 4ª

Si Frigio

2 Textos ligados

En el barrio

a. Sin redoble, sosteniendo el sonido sobre la 'i'

oooóoo

b. Redoble bicúspide al 6

34565654

oooó de Triaaanaaa

c. Redoble tricúspide al 6 sobre la 'o'

3456565654

d. 5443 sobre Triana

3 Caída medio tono

4 Duración del texto: 22,7 seg

17 J Heredia

1 Ámbito melódico: 5ª

Si b Frigio

2 Textos ligados

Aay En el barrio

a. Redoble tricúspide simétrico al 6 sobre la 'o'

oó

oooóo oóooo oooóooóo

b. Redoble bicúspide asimétrico al 7

3456567654

c. Ligado con un bicúspide simétrico al 6

3456565454

de Triaaanaaa

d. 3443 sobre Triana

3 Caída medio tono

4 Duración del texto: 32,7 seg

18 M Simón

1 Ámbito melódico: 5ª

Do Frigio

2 Textos ligados

Aay Que yo no quieroó

a. Exposición simple, alternando 56565654

oooóo oóooóoo

b. Redoble bicúspide asimétrico al 7

3456765654

- oooó oóoooóo mulita ni coche
 c. Redoble bicúspide asimétrico al 7
 3456765654
 d. Ligado con simple al 6
 3456565454
 e. Ligado con ‘mulita ni coche’
 4443

- 3 Caída medio tono
 4 Duración del texto: 26,41 seg

19 M Vargas

- 1 Ámbito melódico: 5ª
 Si b Frigio
 2 Textos ligados
 Aay tan sometioo
 a. Exposición simple, alternando 56565654
 oó
 oooo oóooo
 b. Redoble bicúspide asimétrico al 7
 3456567654
 oó
 oooo oóooo me teníiaa
 c. Redoble bicúspide asimétrico al 7 sobre la ‘o’
 3456567654
 d. Ligado con la caída ‘me tenía’
 4443
 3 Caída medio tono
 4 Duración del texto: 24,77 seg

20 Naranjito

- 1 Ámbito melódico: 5ª
 Do Frigio
 2 Textos ligados
 Aay Los tormentos
 a. Exposición simple, alternando 5666654
 oó oooo oóooo
 b. Redoble tricúspide asimétrico al 7
 343456567654
 oó oooo oóooo de la muerte
 c. Redoble bicúspide asimétrico al 7 sobre la ‘o’
 345656765
 d. Ligado con bicúspide simétrico al 7 sobre la ‘o’
 567675
 e. Ligado con tricúspide simétrico al 6 sobre la ‘o’
 5656565
 f. Ligado con la caída ‘de la muerte’
 4443
 3 Caída medio tono
 4 Duración del texto: 31,9 seg

21 Pepe Lucia

- 1 Ámbito melódico: 5ª
 Re Frigio
- 2 Textos ligados
 Aay Tú no debes
 - a. Exposición simple, alternando 5666654
 eé
 eeeeé eéee
 - b. Redoble bicúspide asimétrico al 7
 3456567654

 eé
 eeeeé eé eé e tener celos
 - c. Redoble simple al 6 sobre la 'e'
 345654
 - d. Ligado con la caída 'de la muerte'
 4443
- 3 Caída medio tono
- 4 Duración del texto: 21,47 seg

22 Tomás Pabón

- 1 Ámbito melódico: 5ª
 Si b Frigio
- 2 Textos ligados
 Aay En el barrio
 - a. Exposición simple, alternando 5666654
 oó oooóo oóooo
 - b. Redoble tricúspide asimétrico al 7
 343456567654

 oó oooóo oóooo oooo de Triaana
 - c. Redoble Bicúspide simétrico al 6 sobre la 'o'
 34565654
 - d. Ligado con la caída 'de la muerte'
 4443
- 3 Caída medio tono
- 4 Duración del texto: 22,54 seg

23 Talegón

- 1 Ámbito melódico: 5ª
 Re Frigio
- 2 Textos ligados
 Aay En el barrio
 - a. Exposición simple, alternando 5665654
 Aay En el barrio
 - b. Redoble de la salida
 - c. Exposición simple, alternando 5665654
 oooóo oóooo
 - d. Redoble bicúspide asimétrico al 7
 3456567654

 oó oooóo oóooo oooo de Triaana

-
- e. Redoble tricúspide asimétrico al 7 sobre la ‘o’
343456567654
 - f. Ligado con la caída ‘de la muerte’
4443
- 3 Caída medio tono
 - 4 Duración del texto: 24 seg
- 24 Turroneo**
- 1 Ámbito melódico: 4ª
Si Frigio
 - 2 Textos ligados
Aay En el barrio
 - a. Exposición simple, alternando 5666654
oooóóooo
 - b. Redoble bicúspide simétrico al 6
34565654
oooóóooo
 - c. Redoble bicúspide simétrico al 6
34565654
de
 - d. Descendente
eé Triaa
 - e. 343
ana
 - f. 343
 - 3 Caída medio tono
 - 4 Duración del texto: 20,17 seg

El resultado de llevar estas variables a una representación geométrica multidimensional es el siguiente:

Árbol filogenético

Existen varias técnicas computacionales que generan árboles filogenéticos a partir de distancia entre individuos. Cada técnica es válida para una aplicación definida. Para el caso de deblas y martinetes, hemos usado el (Gascuel, 1997) puesto que el conjunto de cantes es relativamente pequeño y la visualización resulta razonablemente clara. Usamos la herramienta SplitsTree (Huson 1998), que representa un árbol con la propiedad de que la distancia entre dos nodos representa tanto como es posible la distancia dada en la matriz obtenida de las variables dadas. La representación es la siguiente:

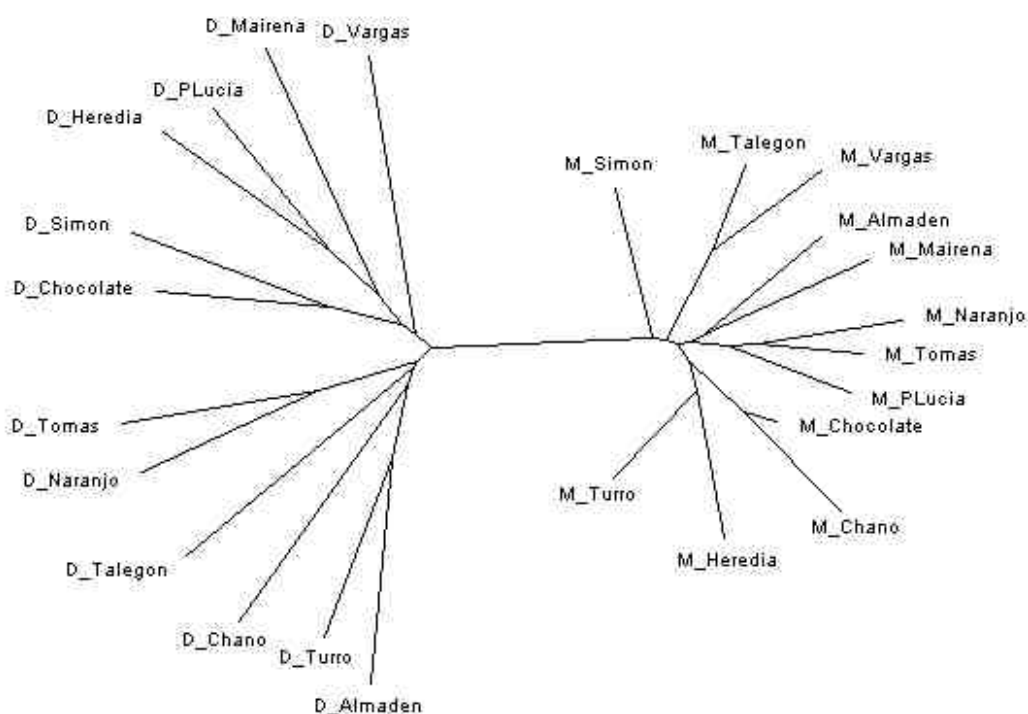


Figura 11. Árbol filogenético a partir de las variables musicológicas.

3.3 Extracción automática de la melodía

En un sentido no riguroso entendemos melodía como una sucesión de sonidos de diferentes alturas, es decir, una sucesión de notas musicales. La melodía tiene una importancia vital en la música, porque es la melodía lo que nos permite distinguir una obra de otra. Además, la melodía es lo que hace que podamos recordar la música, y seamos capaces de reproducirla cantando, tarareando o silbando.

El primer problema que nos planteamos es cómo pasar del audio en formato WAV a una cierta representación de la melodía que nos permita manipularlas digitalmente. Como se ha mencionado en la introducción, el carácter marcadamente oral del Flamenco ha provocado la casi nula existencia de partituras que representen las melodías de los cantes (existen, no obstante,

partituras para guitarra flamenca, no así para la voz, aspecto que estamos analizando). Por tanto, necesitamos obtener automáticamente una descripción de la melodía, tal como vemos en la Figura 12.

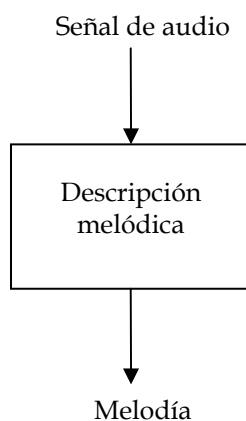


Figura 12. Descripción automática de la melodía.

Hay que tener en cuenta que la obtención de una melodía MIDI a partir de un archivo de audio es hoy en día, como ya se ha mencionado anteriormente, un problema de investigación abierto. Existen algunos algoritmos desarrollados para ello, pero siempre debemos considerar que el nivel de perfección que llegan a conseguir no es total, incluso tratándose de música monofónica (un único instrumento, una voz, etc.).

Si hablamos de descripción melódica automática para música polifónica, podemos ver que se trata de una labor extremadamente compleja, y sólo aplicaciones de inteligencia artificial de gran complejidad permiten obtener resultados satisfactorios. Ésta es la principal razón que ha motivado la elección de cantes sin acompañamiento musical en el corpus a analizar. La introducción de cantes acompañados de guitarra u otros instrumentos introduciría nuevas variables que elevarían enormemente la complejidad del análisis, por lo que

hemos creído conveniente dejarlo como una línea futura de investigación, y centrarnos en los cantos a capella.

Una vez hecha estas consideraciones iniciales, en nuestro estudio vamos a hablar de la melodía haciendo referencia a una sucesión de notas musicales, por lo que será expresada con los siguientes descriptores asociados:

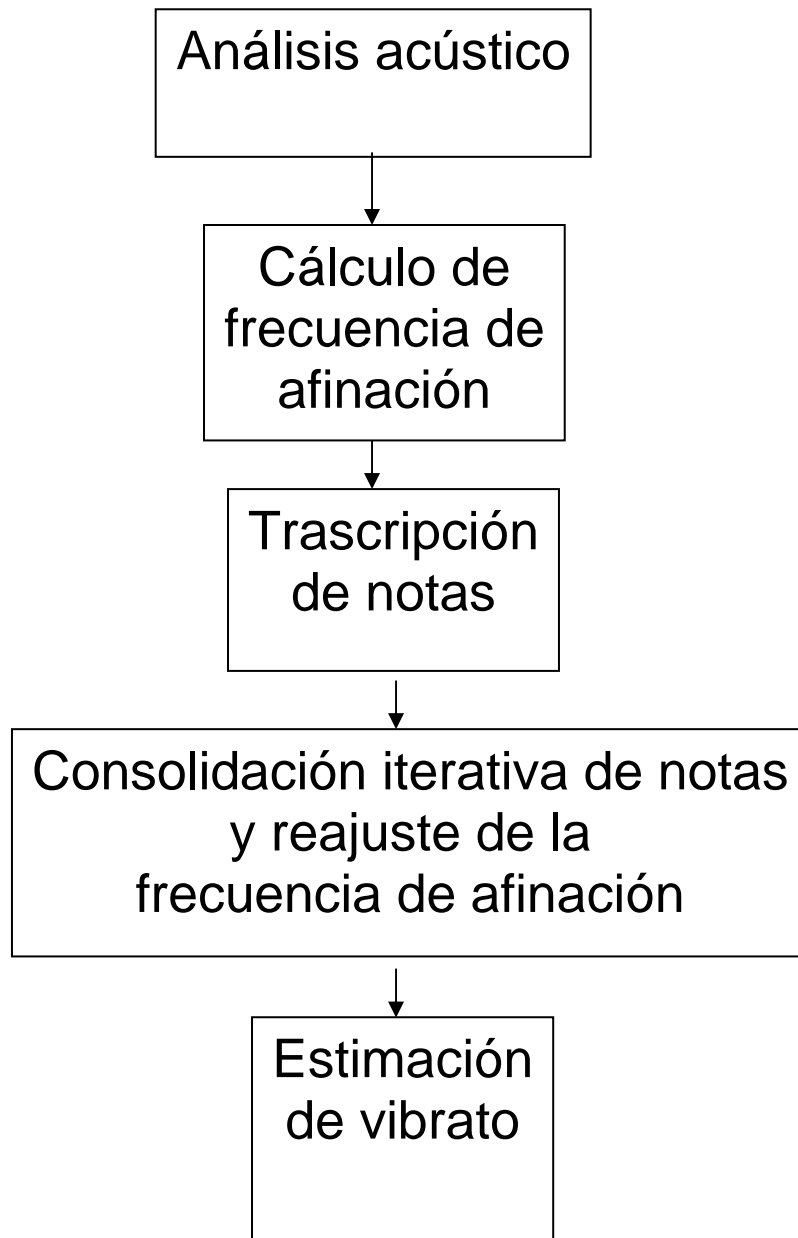
- **Descriptores acústicos** (Gómez, Klapuri et Meudic 2003):
 1. Descriptores de señal (bajo nivel): energía y frecuencia fundamental (altura).
 2. Transcripción: duración y altura de cada nota.
 3. Descriptores expresivos:
Desviaciones (vibrato, ataques, portamenti, etc.).

Hay que decir que los sistemas actuales de transcripción de canto están adaptados a estilos de música clásica y popular (de Mulder et al 2003, Ryyänen 2006) y, por tanto, nos enfrentamos a los siguientes retos:

- Adaptación de la tecnología actual al flamenco.
- Extracción de los niveles de representación mencionados.
- Evaluación de su uso para el cálculo de similitud (análisis comparativo).

El esquema de transcripción seguido se rige por los componentes siguientes:

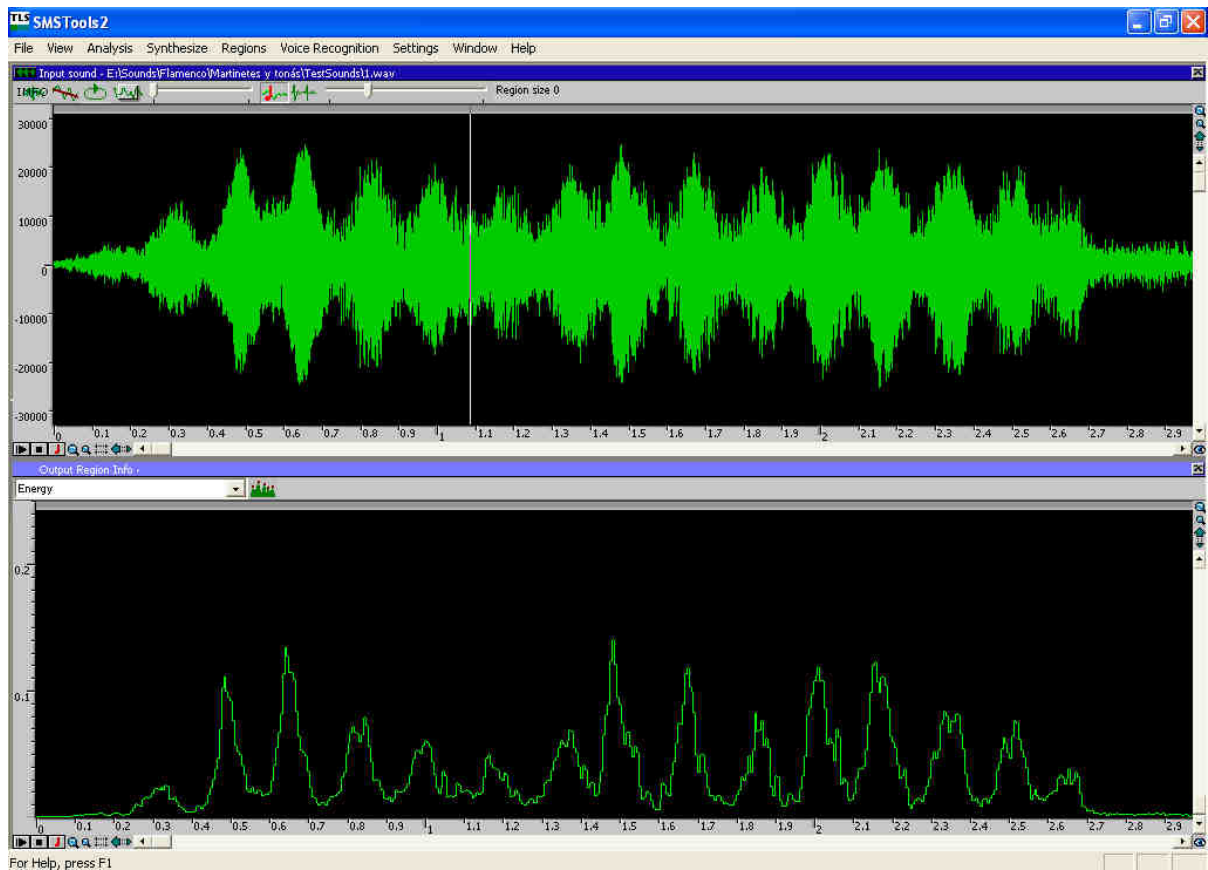
Sistema de transcripción automática



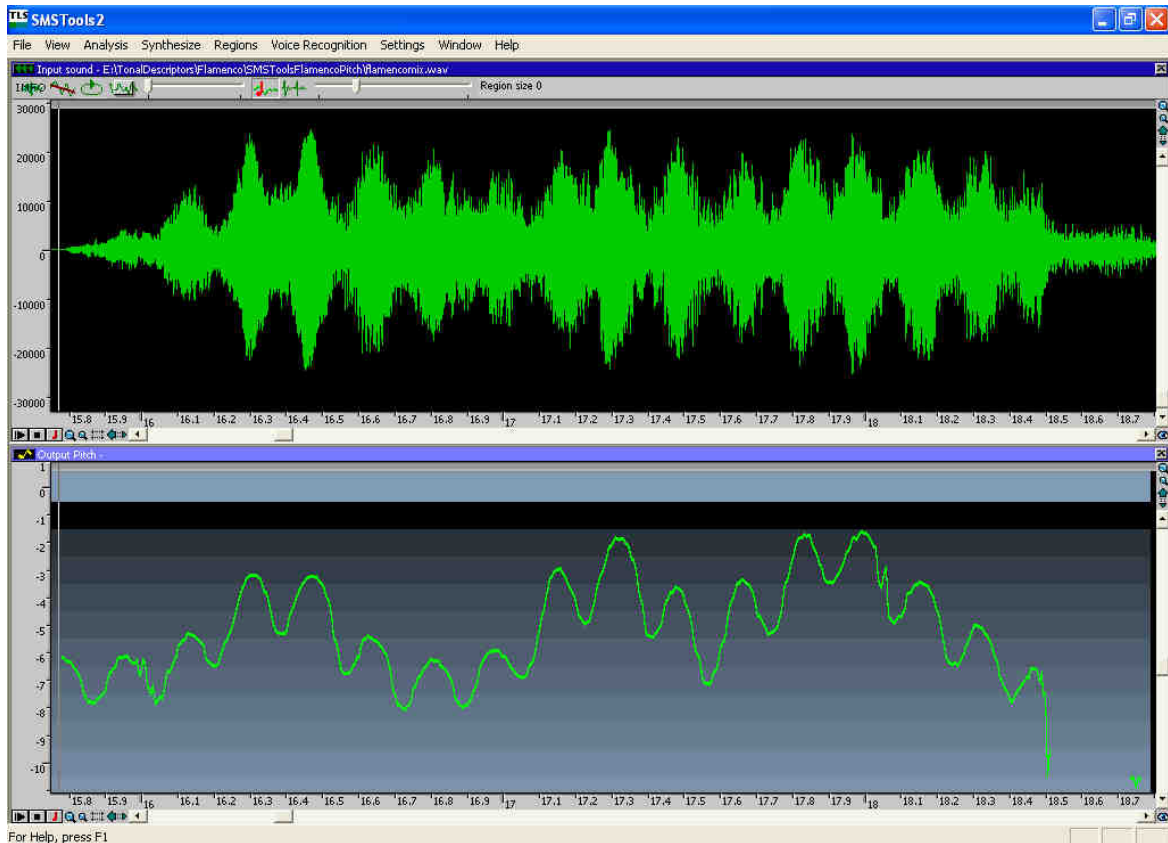
Exponemos los puntos principales de ejecución e cada uno de los pasos a seguir:

Análisis acústico:

- Energía y frecuencia en diferentes bandas de frecuencia.
- Estimación de altura: correlación de amplitud en el dominio de frecuencias.



Ejemplo: Extracción de la energía



Ejemplo: Extracción de la frecuencia fundamental

Cálculo de frecuencia de afinación:

- Estimación inicial de la frecuencia utilizada para afinar (con respecto a 440 Hz).
- Minimizar la media ponderada del error instantáneo de afinación.
- Pesos basados en la derivada de la energía y la altura.

Transcripción de notas:

- Segmentación en notas cortas mediante programación dinámica.
- Funciones de probabilidad que consideran error de altura, variaciones de energía y duraciones de nota.

Consolidación iterativa de notas y reajuste de la frecuencia de afinación:

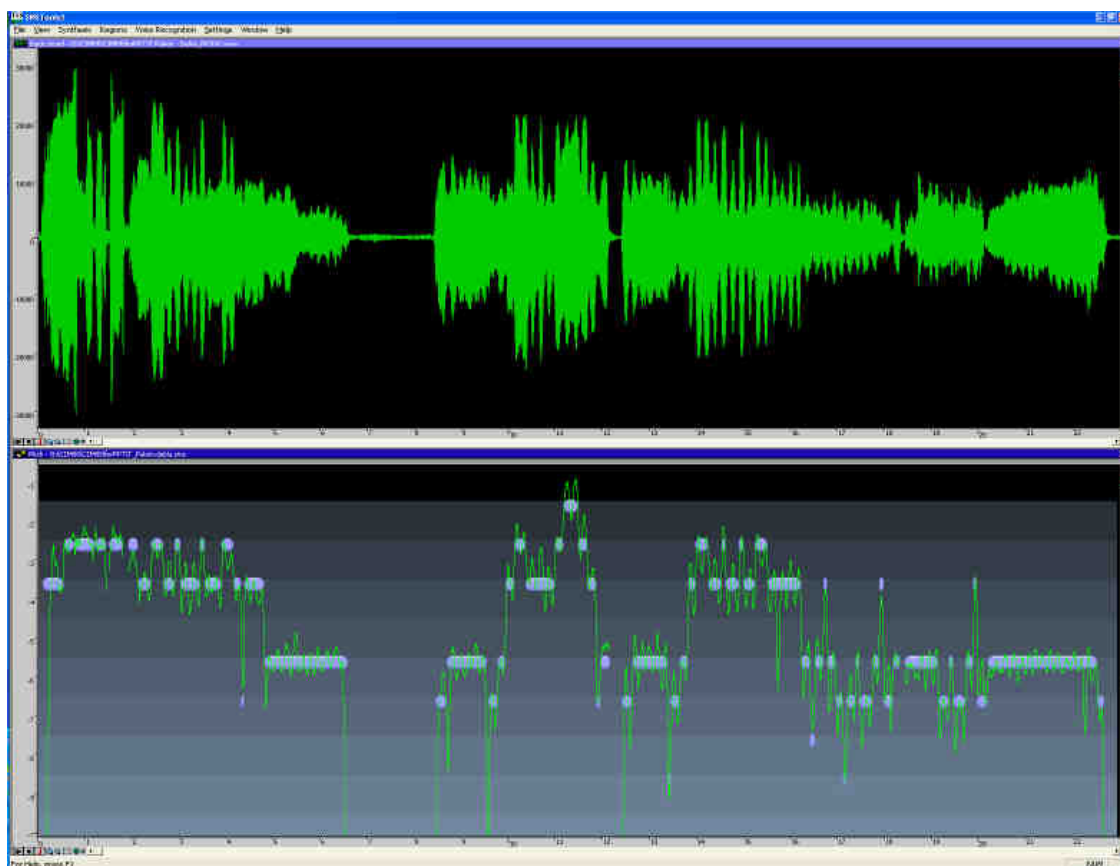
- Reajuste de la frecuencia de afinación según las notas detectadas.

- Consolidación de notas consecutivas con la misma altura y transiciones suaves.
- Proceso iterativo.

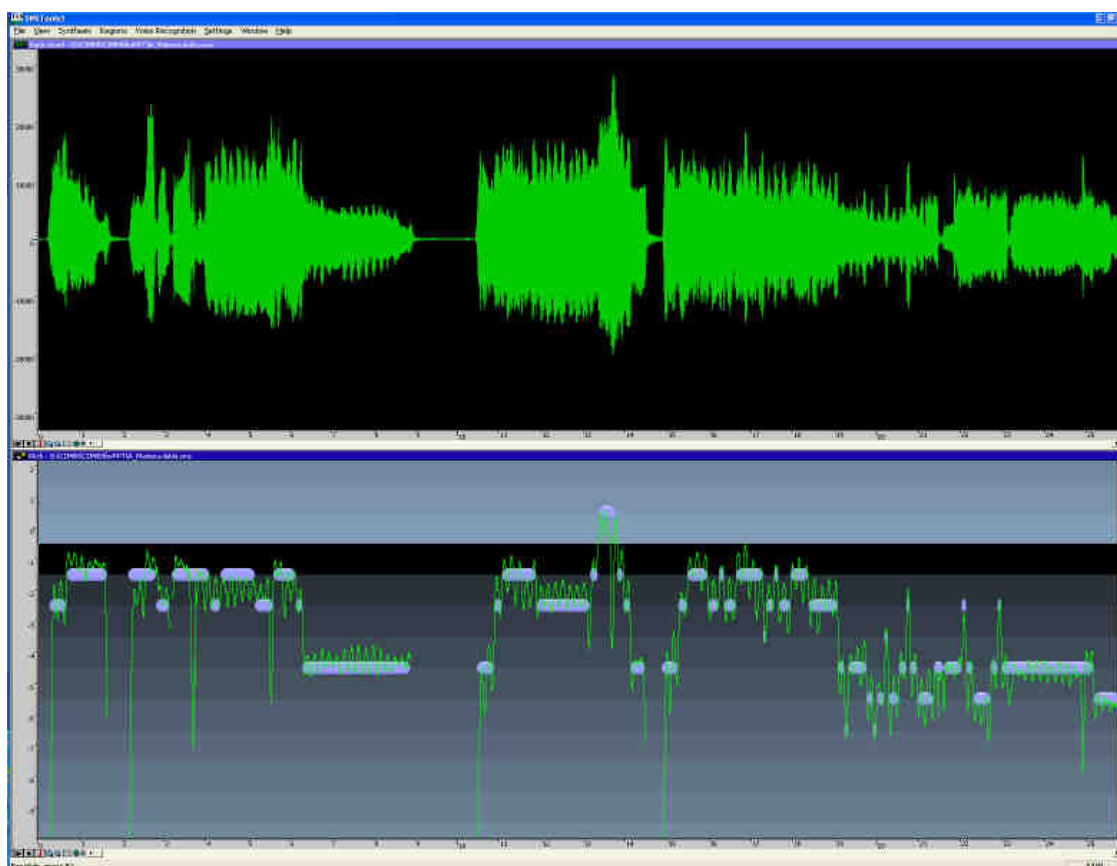
Estimación de vibrato:

- Función de diferencia de altura (nominal vs envolvente detectada).
- Cálculo de pasos por cero (*Zero-crossings*).
- Estimación de profundidad y velocidad de vibrato.

Exponemos aquí un par de ejemplos que pertenecen a audios de nuestro corpus:



Ejemplo: Tomás Pabón: Debla



Ejemplo: A. Mairena: Debla

3.4 Análisis de la similitud melódica

El estudio de la similitud melódica es un problema extensamente considerado en el campo de la Tecnología Musical que resulta crucial en aplicaciones como la recuperación de información musical (MIR, Music Information Retrieval). Podemos definirla, a groso modo, como una medida que nos indica el grado de identidad que puede establecerse entre dos melodías. En otras palabras, se trata de obtener un número que nos indique cuánto se parece (o cuánto se diferencia) una melodía a otra. Típicamente, se requiere el uso de conceptos matemáticos y algorítmicos para establecer y calcular eficientemente una medida de similitud.

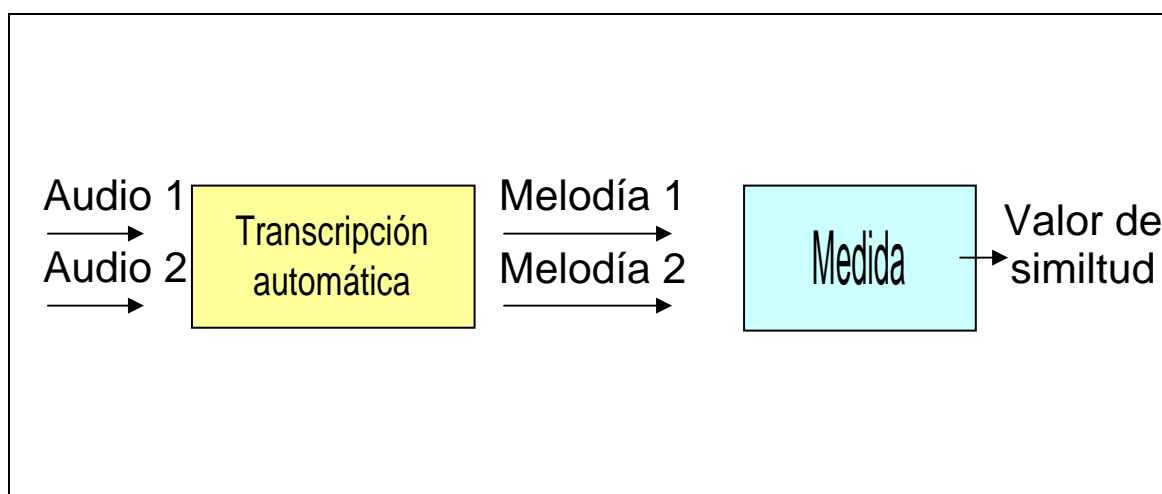


Figura. Proceso de cálculo de similitud

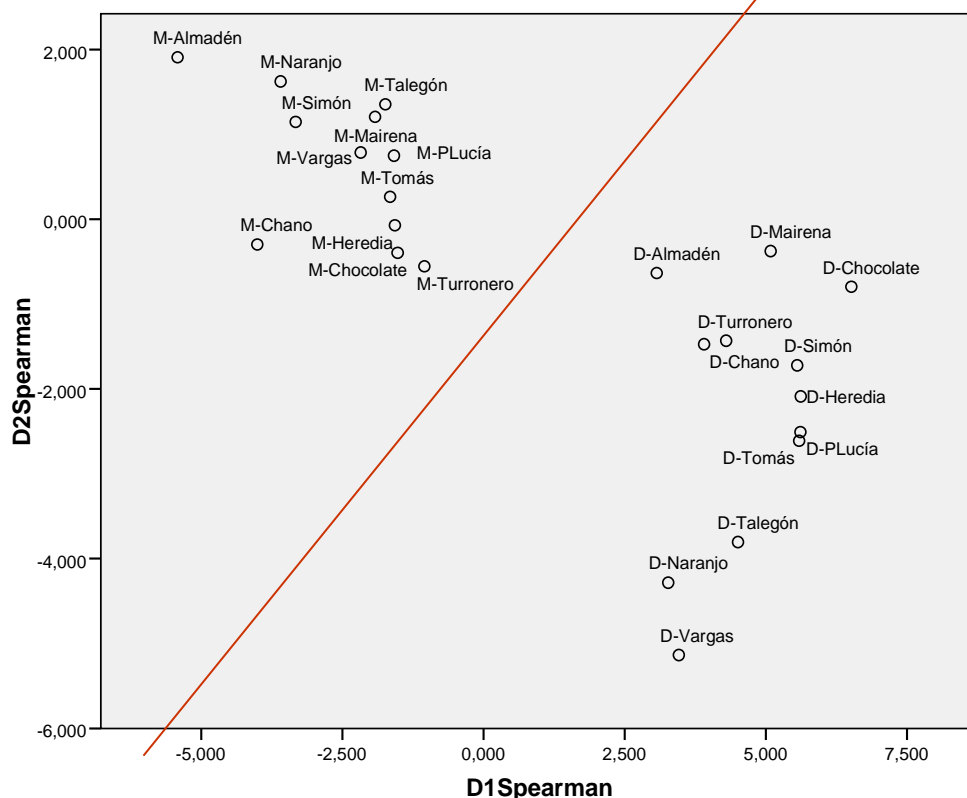
En la figura anterior se muestra la metodología que vamos a seguir para la obtención de un valor de similitud entre dos interpretaciones distintas, que bien pueden corresponder a distintos estilos de flamenco como a dos versiones de un mismo palo. En nuestro análisis sobre las melodías del flamenco, vamos a utilizar la similitud melódica para calcular cuantitativamente cuánto se parecen entre sí dos cantes. Haremos dos tipos de análisis: por un lado, veremos el grado de similitud entre dos tipos diferentes de palos, deblás, tonás y martinetes; y por otro lado, estudiaremos la similitud existente entre interpretaciones de diferentes cantaores de un mismo palo. Esto va a ser utilizado para clasificar automáticamente diferentes palos, así como extraer conclusiones sobre la evolución de un palo, en virtud de las diferentes interpretaciones de cada cantaor.

Existen multitud de métodos de diferente complejidad para calcular el grado de similitud melódica. Con las medidas o distancias se construye una matriz que contiene los valores de similitud para cada par de cantes y, a partir de ella, se pueden construir mapas de proximidad 2D: escalado multidimensional (MDS) o bien, los conocidos en Bioinformática como árboles filogenéticos que son so más que representaciones geométricas de conexión en el plano con la propiedad de que la distancia en el dibujo entre dos nodos

refleja, tanto como es posible, la verdadera distancia entre las dos melodías correspondientes en la matriz de distancias. Usaremos particularmente los árboles filogenéticos generados por el método NeighborNet, según la implementación de Hudson y Bryant (2006) dada en su programa SplitsTrees. Existen multitud de métodos de diferente complejidad para calcular el grado de similitud melódica. En nuestro análisis, nos vamos a centrar en cuatro medidas de similitud diferentes. Vamos a utilizar, en primer lugar, una medida estadística, el coeficiente de correlación, que calcula la fuerza y dirección de una relación lineal entre dos variables. En segundo lugar, vamos a utilizar una medida de similitud conocida como edit distance, o distancia de edición, que se utiliza en aplicaciones de comparación de cadenas de caracteres, como pueden ser los correctores ortográficos. Por último, implementaremos un algoritmo de Distancia de edición a partir de estructuras de Narmour (1990).

A continuación mostramos representaciones de cálculos obtenidos mediante el uso de distintas medidas de similitud:

1. Distancia entre anotaciones manuales.



2. Correlación entre histogramas de alturas

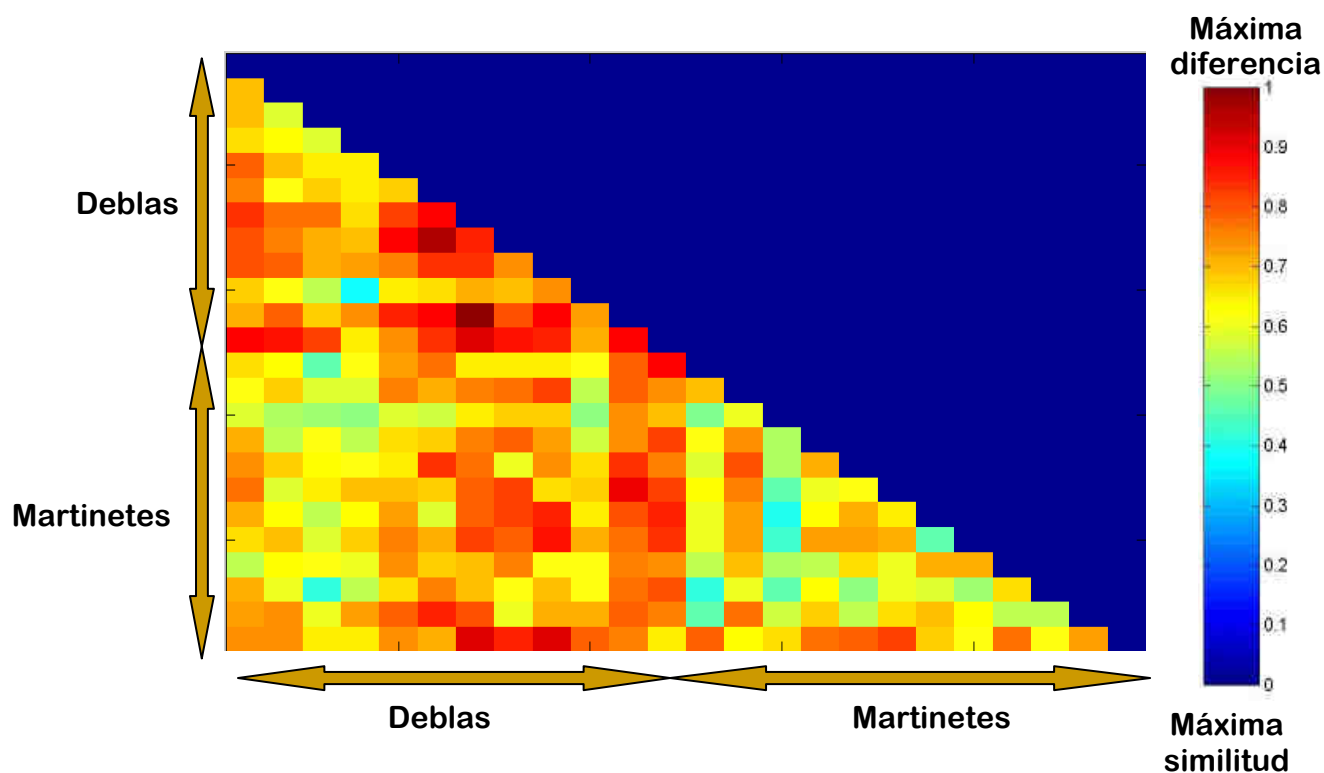


Figura . Matriz de distancias usando el coeficiente de correlación como medida de similitud.

3. Distancia de edición (Mongeau and Sankoff, 1990).

Se define como el *número mínimo de operaciones requeridas para transformar una cadena de caracteres en otra*. Las operaciones son:

1. Inserción ('sol' -> 'solo')
2. Eliminación ('solo' -> 'sol')
3. Sustitución ('casa' -> 'caja')

Una ventaja de esta distancia es la flexibilidad pues podemos considerar pesos para las diferentes operaciones según se vea oportuno en las especificaciones particulares de cada cante.

Los cálculos sobre el corpus inicial de 12 deblas y 12 martinetes nos llevó al siguiente árbol, donde se aprecia la clasificación de forma satisfactoria:

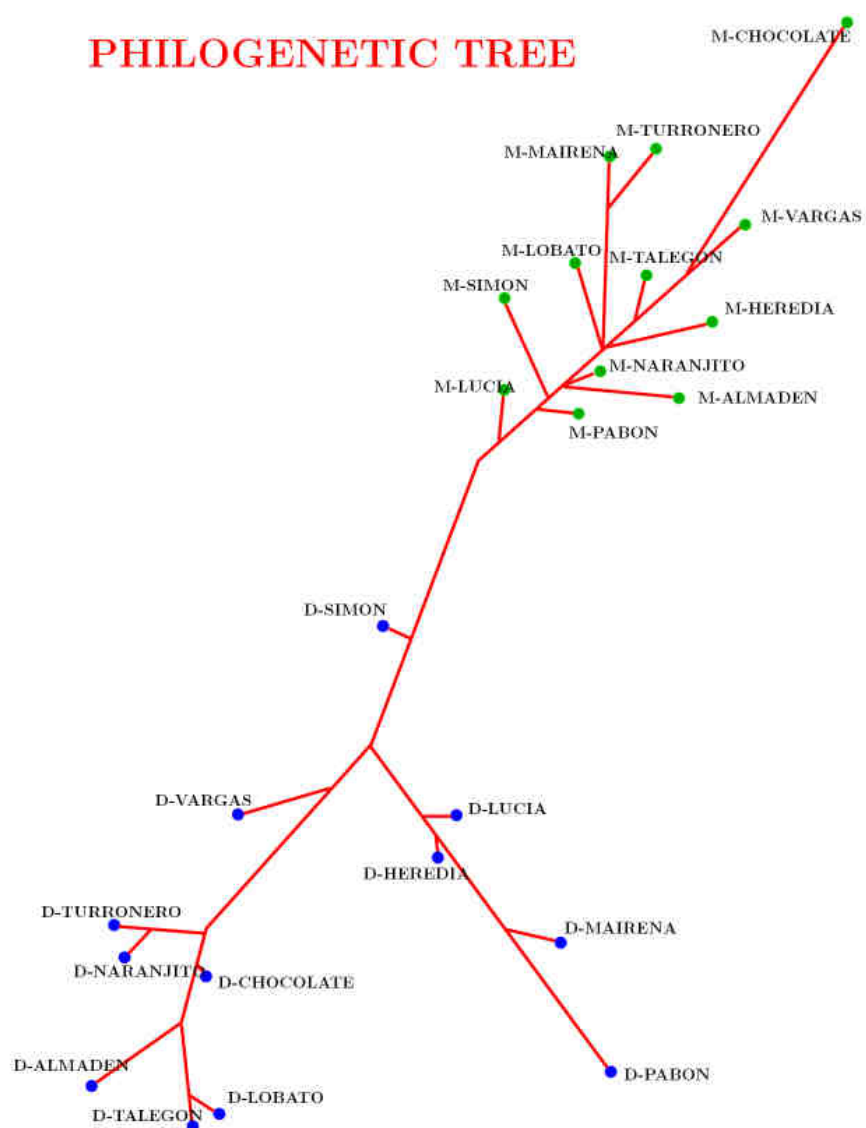


Figura . Árbol filogenético realizado con Split Tree.

4. Distancia de edición a partir de estructuras de Narmour.

En este punto, estamos buscando una propuesta alternativa de distancia adecuada a la música flamenca, esto es, que refleje con cierta fidelidad la similitud entre dos representaciones melódicas y, concretamente de los cantos a capella por tonás. Para elegir una buena representación simplificada de la melodía conviene tener en cuenta las características fundamentales que se ponen de manifiesto en el canto flamenco y que lo distinguen claramente de otras ejecuciones tales como la clásica.

Entre las características fundamentales de las melodías flamencas en el corpus de las tonás destacamos:

- Relevancia de intervalos cortos (mayormente 2ª + algunas 3ª y 4ª), grados conjuntos.
- Tesitura < 6ª (desde la tónica). Dicho rango puede extenderse mediante notas de paso y cadencias.
- Estructura formal: presentación (primeros 4 grados de la escala) + ascendente + descendente.

Entre los recursos expresivos que se presentan y hay que tener en cuenta, citamos:

- Intestabilidad de
 - Energía (dinámica)
 - Timbre
 - Altura (desfinaciones)
- Microtonalidad
 - Intervalos de $\frac{1}{4}$ o $\frac{3}{4}$ de tono.
 - Melismas, ornamentación.
 - Vibrato
- Cambios graduales de altura: portamenti, transiciones suaves entre notas.

Teniendo en cuenta que, en esencia, los intervalos que representan de alguna forma un *factor común* entre las distintas interpretaciones suelen ser pequeños, no parece desacertado comprobar si una representación de la melodía en base a intervalos cortos pudieran dar resultados aceptables para el objetivo que aquí planteamos: un análisis para agrupación de interpretaciones según las distintas variantes de tonás. Es por ello, que nos hemos decantado por usar un modelo de la teoría moderna de la *melodic expectation*, centrado más en los aspectos cognitivos de “lo esperado” que en un puro análisis musical. En este modelo, conocido como de Implicación-

Realización (I-R) fue propuesto por Narmour [89,90]. En las *estructuras de Narmour*, cada melodía se descompone en pequeñas estructuras que son secuencias de tres notas y cada secuencia se clasifica según los intervalos de que se compone.

En las estructuras de Narmour (EN) cada intervalo se clasifica en intervalo pequeño ($< 4^a$) o grande ($> 4^a$).

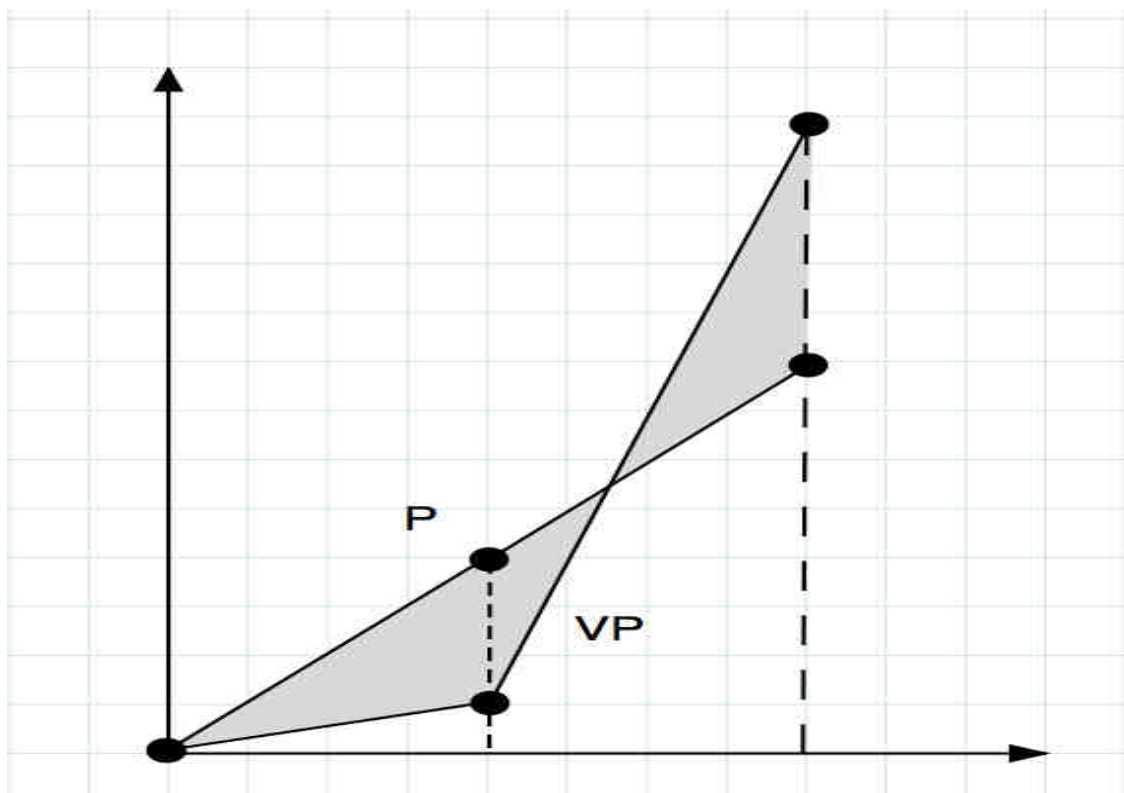
- Ejemplos de EN:
 - P: dos intervalos pequeños idénticos que son ascendentes.
 - D: repetición de la misma nota dos veces.
 - ID: dos intervalos pequeños idénticos, uno ascendente y el otro descendente.
 - IP: un intervalo pequeño ascendente seguido de otro menor que el anterior y descendente.



Ejemplo en (Gratchen et al. 2004)

El cálculo de distancia entre melodías la ejecutamos teniendo en cuenta las siguientes consideraciones:

1. Cada melodía da lugar a una sucesión de EN.
2. Se halla la distancia de edición entre dos cadenas de EN.
3. Los pesos están dados como sigue:
 - Peso de inserción: el área de la EN.
 - Peso de borrado: el área de la EN.
 - Peso de sustitución: el área que queda entre ambas EN.
4. Las EN se consideran ahora como curvas poligonales.

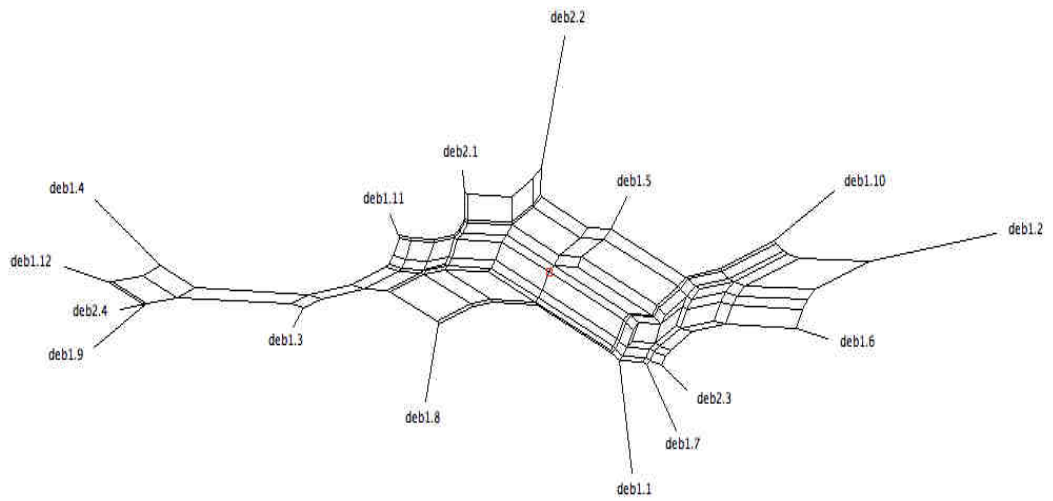


Ejemplo de distancia: Área entre dos EN, una P y una VP.

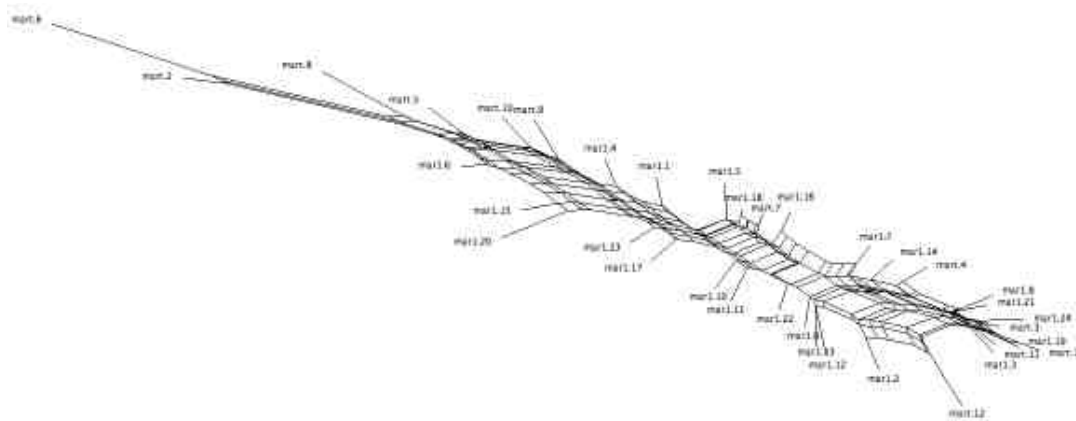
5. Cada comparación entre dos EN se hace llevándolas al origen y, de este modo, melodías traspuestas tienen distancia cero entre sí.

5. En los cantes a capella el tempo no es importante. Por ello, hemos ignorado la información temporal.

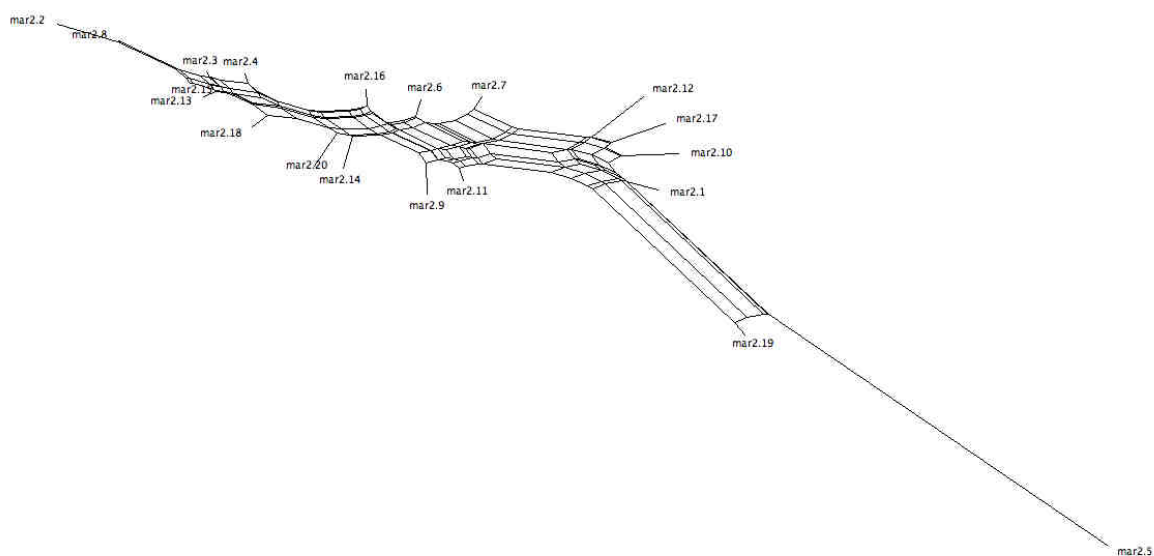
A continuación, incluimos distintos grafos que se han obtenido teniendo en cuenta los cálculos efectuados teniendo en cuenta la representación melódica en base a estructuras de Narmour y la distancia de superficie entre ellas. Corresponden a los resultados extraídos en matrices de similitud para corpus deblas, corpus martinete 1, corpus martinete 2 y corpus tonás.



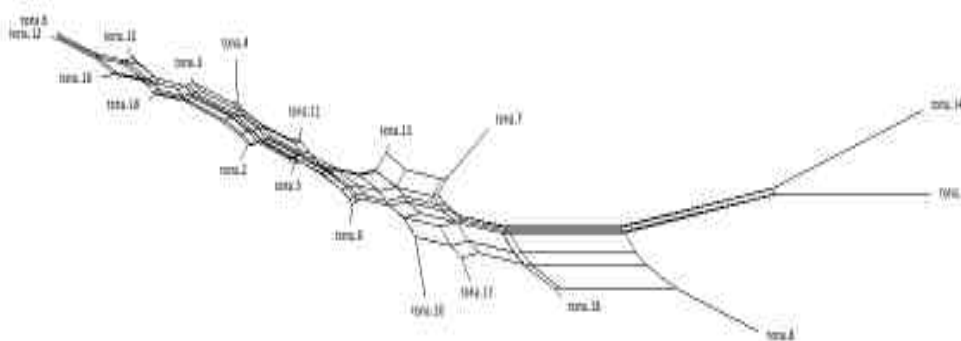
Ejemplo: Grafo de deblas obtenido con la distancia de edición usando EN.



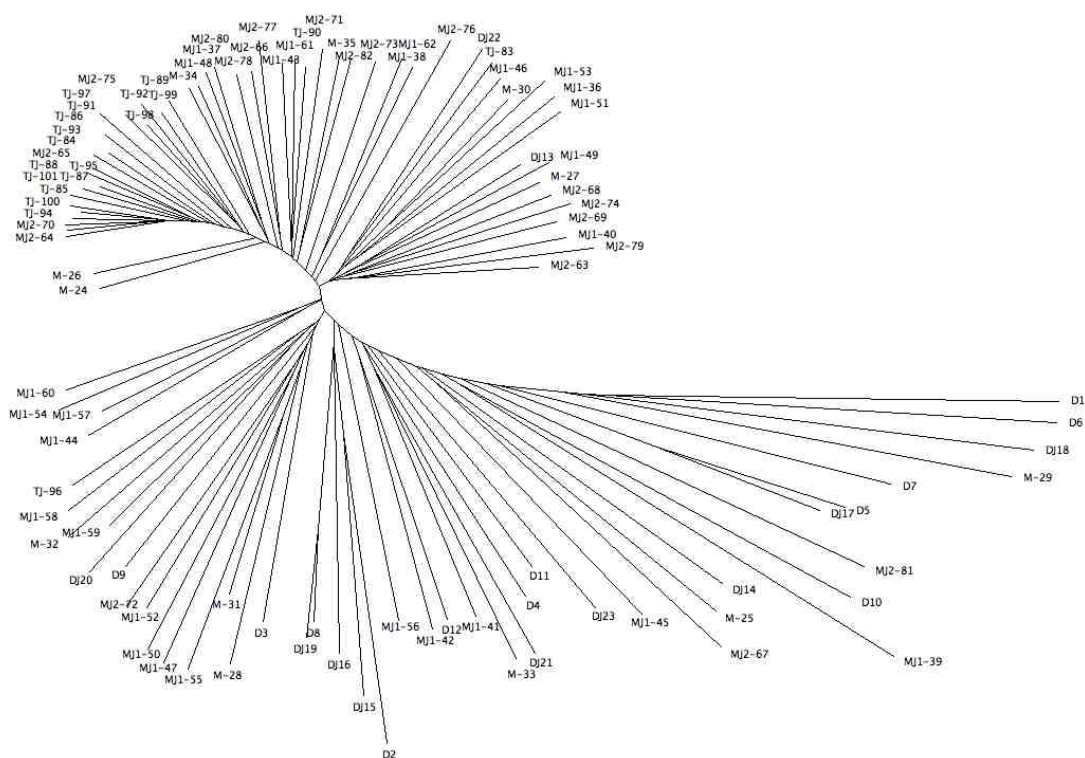
Ejemplo: Grafo de martinets tipo 1 obtenido con la distancia de edición usando EN.



Ejemplo: Grafo de martinetes tipo 2 obtenido con la distancia de edición usando EN.



Ejemplo: Grafo de tonás obtenido con la distancia de edición usando EN.



Ejemplo: Grafo de todo el corpus de deblas, martinets 1, martinets 2 y tonás obtenido con la distancia de edición usando EN.

A título de conclusiones, y a tenor de los resultados obtenidos, podemos decir que en las representaciones de los grafos se observa una discriminación clara de las deblas respecto a los demás cantes, los martinets 1 y 2 aparecen de forma dispersa y mezclados entre sí. Por otra parte, hay un grupo significativo de tonás que conforman un cluster. De esto extraemos, en fin, que la discriminación de los distintos tipos de martinets no es, de momento, posible con la metodología empleada.

6. Resultados y trabajo futuro

Con el trabajo que estamos realizando se pretende, a grandes rasgos, la integración del conocimiento experto sobre el flamenco con el análisis basado en ordenador. Hemos apostado por el uso del contorno melódico como elemento fundamental para la discriminación de estilos flamencos, entendiendo que es el rasgo fundamental que utiliza el aficionado inconscientemente para clasificar un estilo dado. La extracción del contorno de alturas desde un fichero de audio es un problema importante y no trivial en el área de Música Computacional y en el grupo COFLA hemos desarrollado una herramienta que extrae el contorno melódico con bastante fidelidad. Sin embargo, la presencia de gran cantidad de ornamentación

(melismas, vibratos) en el cante flamenco, hace muy difícil (aunque ni imposible) la selección automática de las notas principales. Como fruto de nuestro trabajo, los resultados a día de hoy son los siguientes:

- Representación melódica semi-automática.
- Descripción detallada de la melodía de dichos cantes.
- Resultados prometedores en clasificación de estilos.

No obstante, también hemos utilizado un conjunto de variables musicales que entendemos son de gran utilidad para implementar una clasificación automática. Se ha hecho una descripción detallada de las mismas correspondiente al corpus de debblas y martinets y los resultados de clustering han sido magníficos, separando claramente los dos estilos. Entendemos, por tanto que una integración de ambas metodologías, a saber, contorno melódico y variables musicológicas cuantificables, van a dar los resultados óptimos de clasificación que todos esperamos a medio plazo.

Los trabajos pendientes para fases posteriores son enumerados como sigue:

- Refinamiento del modelo melódico (descripciones).
- Adaptación y definición ajustada al flamenco de medidas de similitud y mejorar los resultados de clustering, sobretodo en cuanto a la discriminación de los martinets.
- Clasificación de intérpretes, variantes, uso del corpus extendido.
- Generalización de las técnicas computacionales experimentadas a un corpus más general que incluya: soleares, fandangos, seguiriyas y alegrías.

6. Referencias

- Cabrera, J.J., Díaz-Bañez, J.M., Escobar-Borrego, F.J., Gómez, E., Mora, J. (2008). *Comparative Melodic Analysis of A Cappella Flamenco Cantes*. Conference on Interdisciplinary Musicology .
- De Mulder, T., Martens, J. P. Lesaffre, M., Leman, M., De Baets, B., De Meyer, H. (2003). An Auditory Model Based Transcriber of Vocal Queries, International Conference on Music Information Retrieval.
- Gascuel, O. (1997). "BIONJ: an improved version of the NJ algorithm based on a simple model of sequence data," *Molecular Biology and Evolution*, 14, pp. 685-695.
- Gómez, E., Bonada, J. (2008). *Automatic transcription of flamenco singing*, Conference on Interdisciplinary Musicology, 2008.

- Gómez, E. Klapuri, A. Meudic, B. (2003). *Melody Description and Extraction in the Context of Music Content Processing*, *Journal of New Music Research*, 32(1).
- Grachten, M., Arcos, J. L., Lopez de Mantaras, R. (2004). *Melodic Similarity: Looking for a Good Abstraction Level*, *International Conference on Music Information Retrieval*.
- Huson, D. H., Bryant, D., (2006). *Application of Phylogenetic Networks in Evolutionary Studies*, *Molecular Biology and Evolution*, 23(2):254-267.
- Mongeau, M., Sankoff, D. (1990), *Comparison of musical sequences*, *Computers and the Humanities*, 24:161-175.
- Narmour, E. "The 'Genetic code' of melody: Cognitive structures generated by the implication-realization model. In *Music and the cognitive sciences*, ed. Stephen McAdams and Irène Deliège. London: Harwood Academic., 1989.
- Narmour, E. *The Analysis and cognition of basic melodic structures: the implication-realization model*. University of Chicago Press, 1990.