



Identificación del hablante a partir del análisis acústico de una muestra de voz en condiciones de cansancio

Trabajo Final de Grado

Autora del trabajo: Lúdia Colls Palomero
Directora del trabajo: Beatriz Blecua Falgueras
Grado en Lengua y literatura españolas
Facultat de lletres – Universitat de Girona
Junio del 2016

ÍNDICE

0. Agradecimientos	3
1. Introducción.....	4
2. Lingüística y fonética forense o judicial.....	5
2.1. El papel del perito o lingüista forense	6
2.2. La lingüística dentro del mundo científico actual	6
2.3. ¿Por qué la lengua nos hace distintos?	7
2.4. Proceso de identificación del hablante	8
2.4.1. Voz dubitada y voz indubitada.....	8
2.4.2. Identificación auditiva e identificación acústica	9
2.4.3. Variables.....	10
3. Exposición del caso. Objetivo e hipótesis	12
4. Diseño del experimento	13
4.1. Corpus	13
4.2. Variables	14
4.3. Informantes.....	15
4.4. Grabación.....	15
4.5. Análisis acústico	16
4.6. Análisis estadístico	16
5. Resultados	17
5.1. Resultados de la [a] entre oclusivas sordas.....	18
5.2. Resultados de la [i] entre oclusivas sordas	26
5.3. Resultados de [n] entre vocales	34
5.4. Resultados de la [s] entre vocales	41
5.5. Resumen de los resultados	46
6. Conclusiones	50
7. Referencias bibliográficas.....	52
8. Apéndices	54

0. Agradecimientos

Agradezco a las personas que me han rodeado, escuchado y aconsejado a lo largo del trabajo.

Sin embargo, por varios motivos, he de dar las gracias, en especial, a mi tutora Beatriz Blecua: dos años atrás, ya me cautivó con sus explicaciones sobre la fonética. El pasado año, en octubre del 2015, cuando me presenté perdida en su despacho sabiendo que quería hacer algún tema relacionado con la fonética forense, pero no sabía exactamente el qué, me animó a seguir adelante con la idea –puede ser divertido hacer algo diferente– me decía, y... así ha sido. Gracias por guiarme; por estar ahí cuando lo he necesitado.

Gracias también a Jordi Cicres por ayudarme con aspectos de estadística y por aconsejarme en la elección de las variables y parámetros analizados.

Por último, agradecer a mis cuatro informantes; compañeros de clase que aceptaron participar en este trabajo y hacerse pasar por sospechosos de un delito... (suerte que solo he tomado sus voces...) pero, sobre todo, gracias al que es, de los cuatro, el culpable, Edgar: por aceptar correr por las escaleras de la universidad, dejando a más de uno con el que se cruzaba, un poco... ¿sorprendido?. Ya veis el teatro que hemos tenido que hacer, y todo por poder analizar la voz en un estado de cansancio o, si más no, esa era la excusa.

1. Introducción

Cuatro años atrás, después de haber dado numerables vueltas a la cabeza sobre qué camino escoger, decidí estudiar el Grado en Lengua y literatura españolas. En ese momento, más dispuesta a la literatura que a la lengua, no imaginaba que en el Trabajo Final de Grado acabaría centrándome en la fonética; sí, la fonética, aquel ámbito en el que durante la secundaria deseaba pasar de puntitas, sin detenerme demasiado sobre ella. En segundo de carrera descubrí que este ámbito de la lengua era el que, precisamente, me entusiasmaba en gran medida. Descubrí, además, que la fonética tenía la especialidad de forense; –¿Fonética forense?– exclamaban extrañadas aquellas personas a las que yo decía apasionadamente lo que había descubierto. –Pero...– me decían, y siguen diciéndome, bromeando– ¡Si con los muertos no se puede hablar!–. Aquí es cuando les revelo parte de la explicación sobre la fonética forense que se irá descubriendo a lo largo del trabajo.

Cuando atribuimos la cualidad de *forense* al sustantivo de *fonética*, la estamos relacionando con el ámbito jurídico. A través de la fonética forense se pueden aportar pruebas fundamentales para las resoluciones de algunos casos jurídicos.

El objetivo de este trabajo está enmarcado en un supuesto caso en el que la policía científica ha de aportar pruebas empíricas para la resolución de una investigación. La policía ha de realizar una pesquisa y, para ello, cuenta con unas grabaciones de voz que, como investigadores, debemos comparar. Por un lado, tenemos dos muestras de habla de un mismo individuo, el culpable del caso que, a su vez, corresponden a emisiones en que el sujeto muestra cansancio. Sería lo que denominamos habla dubitada. Por otro lado, contamos con cuatro grabaciones de voz para comparar, que serían las muestras de habla indubitada, y que corresponden a emisiones en que los sujetos se encuentran en unas condiciones de habla normales; cada una de las cuatro grabaciones corresponde a un sospechoso. En un caso real, el objetivo sería determinar a cuál de las cuatro voces indubitadas corresponden las muestras dubitadas para, así, poder determinar quién es el culpable; sin embargo, en este trabajo se sabe de antemano que las muestras de voz de habla dubitada corresponden al locutor 1. Así pues, el objetivo del presente experimento es determinar si unos parámetros concretos se mantienen lo suficientemente estables cuando el individuo habla en condiciones normales (muestras de voz de habla indubitada) respecto a cuando habla en condiciones de cansancio (muestras de voz de

habla dubitada). De esta manera, podremos diagnosticar si los parámetros elegidos serían útiles para posibles pericias en fonética forense.

Debido a la unión de la fonética y del ámbito judicial, en los apartados previos al experimento, nos encontramos con una serie de información que nos situará en este ámbito y que permitirá que nos movamos de una manera segura en el contexto forense, teniendo claro todos los procesos que se deben seguir a lo largo de un peritaje.

2. Lingüística y fonética forense o judicial

La fonética es una subdisciplina de la lingüística que estudia los sonidos del habla. Del mismo modo que otras disciplinas, la lingüística y la fonética tienen sus especializaciones, una de las cuales es la del ámbito judicial o forense.

Como bien explica Pérez González (2005), la lingüística forense se centra en analizar distintas manifestaciones del lenguaje con el objetivo de contribuir a la resolución de una investigación policial o fundamentar el veredicto en un proceso judicial.

En relación con la fonética forense, cabe decir que se puede centrar en distintos tipos de pericias; una de las pericias más frecuentes y aceptadas debido a su grado de desarrollo metodológico y a la precisión de sus resultados, son las relacionadas con la identificación y reconocimiento de voces. Otras funciones de la fonética forense se exponen en Cicres y Gavaldà (2014) como, por ejemplo, transcribir los sonidos del lenguaje oral registrados en una cinta para que los miembros del jurado puedan seguir el hilo conductor de la conversación con más facilidad. Asimismo, también se indica su utilidad para construir perfiles lingüísticos, determinar el origen geográfico del hablante y analizar interrogatorios estudiando las estrategias lingüísticas usadas, así como las instrucciones que dan los interrogados.

Las pericias expuestas anteriormente pueden ser realizadas con el objetivo de dos finalidades distintas. Por un lado, una finalidad investigativa daría información sobre el origen dialectal, el sexo y el nivel socioeducativo del autor del texto oral. Por otro lado, una finalidad evidencial aportaría evidencias lingüísticas durante el proceso de comparación de textos orales con el objetivo de atribuir la autoría de una grabación oral.

2.1. El papel del perito o lingüista forense

Según explica Delgado Romero (2015), los jueces están obligados a impartir justicia y a decidir la culpabilidad o la inocencia de ciertos culpables; sin embargo, no pueden dominar todos los campos del conocimiento científico. De este modo, en relación a los aspectos expuestos en el *apartado 2*, debe intervenir la policía científica, también conocida como peritos o lingüistas forenses. Los peritos son los encargados de realizar el peritaje lingüístico para, más tarde, exponer e interpretar las conclusiones de sus análisis y, así, contribuir a la obtención de una resolución inculpatoria o exculpatoria, según el caso. Cabe destacar que, aunque la faena de los lingüistas forenses puede llegar a constituir un elemento de prueba fundamental, nunca deben sobrepasar la línea de su profesión, es decir, no deben dar una conclusión final ya que esto pertenece únicamente a los jueces.

2.2. La lingüística dentro del mundo científico actual

Teniendo en cuenta el enorme papel que pueden tener la lingüística y la fonética forense en los casos judiciales, llama la atención la poca importancia que se le da a esta disciplina dentro de la ciencia. Como se dice en Pérez González (2005), el rigor científico que se atribuye a la lingüística forense es mucho menor que el que se atribuye a otras ciencias del comportamiento como la psicología o la psiquiatría. Así pues, se cuestiona el carácter científico de la lingüística y la capacidad de la misma para llegar a conclusiones empíricamente contrastables. Se duda de la fiabilidad científica de los estudios y pericias de la lingüística forense, aunque los especialistas se esfuerzan para dejar fuera toda duda perfeccionando las técnicas de investigación ya existentes y desarrollando las nuevas metodologías aceptadas por la comunidad científica. Si el peritaje lingüístico en los países anglófonos es menos frecuente que otras disciplinas, en España aun es mucho menor, aunque cabe destacar que los peritajes relacionados con el reconocimiento e identificación de voces es el que se tiene un poco más en cuenta. Es cierto que desde la segunda mitad del S. XX, en España ha aumentado la importancia de la lingüística forense pero, aun así, como recogen Blecua, Cicres y Gil (2014), la legislación española permite que la identificación de la voz del imputado sea reconocida por la víctima del delito y, además, no se descarta la posibilidad de que se haga una rueda de voces para identificar entre ellas la que se atribuye al posible autor del hecho

delictivo. Así pues, aunque la consideración de esta disciplina en España ha aumentado en los últimos años, la identidad de una voz no pasa necesaria y exclusivamente por la prueba pericial realizada en los laboratorios especializados, sino que la similitud fonética de las voces puede ser apreciada directamente por el tribunal o ser deducida de la valoración del testimonio de quien ha percibido la voz del imputado y la identifica ante la autoridad judicial.

2.3. ¿Por qué la lengua nos hace distintos?

Según Cicres y Gavaldà (2014), uno de los aspectos más importantes de la lingüística y de la fonética dentro del ámbito forense es demostrar que cada hablante tiene un uso distintivo de la lengua que lo separa de los demás usuarios y que, en consecuencia, permitiría el reconocimiento de un hablante entre otros; este hecho se debe al idiolecto, a la tipificación de cada individuo.

Cuando los peritos analizan una voz, pueden hacerlo desde dos puntos de vista distintos: fijándose en el contenido del mensaje o en el continente. Mientras que el contenido del mensaje muestra las preferencias lingüísticas propias de cada persona como, por ejemplo, el uso de ciertas palabras, el continente del mensaje da información acústica como aquella relacionada con la pronunciación de ciertos sonidos. Las características que acabamos de nombrar están reforzadas en Lucena Molina (2005); en este artículo se recoge la idea de Kersta, quien partía de la hipótesis de que la voz de cada persona es tan única como la huella dactilar, pudiéndose determinar lo que él llamaba “huella acústica”, utilizando el análisis espectrográfico. Además, se afirmaba que las cavidades vocales y los articuladores son aquellas partes del tracto vocal que determinan la individualidad; las primeras son resonadores y se caracterizan por sus dimensiones y forma de acoplarse, mientras que los segundos son controlados dinámicamente por cada persona y permiten que se puedan emitir los sonidos consonánticos y vocálicos.

La probabilidad de encontrar a dos personas con un idéntico patrón dinámico en el uso de los articuladores es extremadamente remota. Esta serie de rasgos pueden generar una variación lingüística que, en este caso, es llamada variación interpersonal; así pues, para que un individuo pudiera distinguirse de otros, esta variación debería ser elevada. El otro tipo de variación lingüística es la intrapersonal que, según se comenta en el

último artículo citado, son aquellas variaciones que se dan dentro de un mismo individuo. Por un lado, las variaciones intrapersonales pueden depender de los valores intrínsecos del locutor como la edad, el estado emocional, el estado físico, el estrés, la velocidad del habla o el paso del tiempo. Por otro lado, pueden depender de valores extrínsecos, es decir, de los dispositivos de adquisición, la transmisión de la señal de voz o la variabilidad debida al paso del tiempo.

2.4. Proceso de identificación del hablante

2.4.1. Voz dubitada y voz indubitada

Como ya se ha apuntado en apartados anteriores, los lingüistas forenses pueden trabajar en distintos tipos de pericias, una de las cuales es la identificación y reconocimiento de voces; para ello, los peritos necesitan comparar muestras de voz dubitada con muestras de voz indubitada, que pueden ser obtenidas de distintas maneras.

Según González Rodríguez y Lucena Molina (2005), la voz dubitada es aquella que corresponde a la del culpable y, según el caso que se estudie, puede ser obtenida por distintas vías. Pongamos por caso que el delito investigado gira en torno a ciertas coacciones; en este caso, el fiscal podría pedir una grabación de voz del culpable detectada en un buzón de voz, o bien, se podría interceptar una llamada telefónica para asegurar la identidad de los sospechosos. Otra manera de conseguir una prueba de voz dubitada sería registrar directamente la voz del culpable mediante una grabadora. Si seguimos el Teorema de Bayes¹, una vez la policía tuviera la voz dubitada –entendiendo que ha sido conseguida a través de un buzón de voz o llamada telefónica, denominada como (E)–, determinaría el número del terminal y pasarían a plantearse dos posibles hipótesis. Por un lado, la hipótesis del fiscal (HA) determinaría un posible sospechoso que ha podido realizar la llamada (E). Por otro lado, la hipótesis del abogado defensor del sospechoso que ha podido realizar la llamada (HB) defendería la inocencia de su cliente. Una vez generada la hipótesis, ya se conocería la identidad del propietario del terminal y se llevaría a cabo una investigación en contacto con el titular del teléfono,

¹ Teorema desarrollado en González Rodríguez y Lucena Molina (2005: 123).

comprobando que su voz se asimila a la de la llamada (E), de manera que ya se tendría al sospechoso. Una vez se tiene la muestra de voz dubitada, se necesita compararla con la indubitada. En el supuesto caso que estamos comentando, el siguiente paso sería solicitar una autorización para registrar una muestra de voz del sujeto y efectuar un estudio comparativo entre ambas voces. La voz dubitada presenta unas características concretas, de manera que los expertos forenses deben determinar si estas también se dan en las muestras de habla indubitada. Sin embargo, en otros casos puede haber más de una muestra de voz indubitada, de manera que a partir del análisis que se comentará en el siguiente subapartado, llegaríamos a establecer cuál de las voces indubitadas corresponde a la dubitada.

Las muestras de voz indubitada, pues, tienen para los peritos un valor científico ya que les son de utilidad para investigaciones policiales. Sin embargo, según Gil (2014), existen problemas para obtener muestras de habla indubitada de los sospechosos ya que no se ofrecen instrucciones ni estrategias para conseguirlas, así como tampoco se indican los procedimientos para registrarlas y almacenarlas. Una posible opción para obtener muestras de voz indubitada es hacer una rueda de entrevistas donde se haga hablar a los sospechosos para poderlos grabar y, así, poder obtener sus voces.

Como se dice en Delgado Romero (2005), algunos laboratorios forenses están incorporando Sistemas Automáticos de Reconocimiento de Locutores (SARL) para desarrollar tareas de identificación (1 candidato frente a una población) y de verificación (1 candidato frente a un sospechoso). En ambos casos, el sistema necesita contar con una población de referencia general para generar modelos de locutores y otra específica para establecer la distancia de similitud entre modelos de voz y las muestras de los candidatos que se le presentan. Es decir, aun en el caso de una tarea de verificación, la ratio de similitud entre la muestra dubitada y la indubitada siempre se calcula en referencia al resto de modelos de voz existentes en la base de datos poblacional específica.

2.4.2. Identificación auditiva e identificación acústica

Como bien comenta Delgado Romero (2005) es obvio que cualquier persona es capaz de identificar la voz de un familiar o de una persona conocida, incluso a través del teléfono; esta identificación es conocida como auditiva. Gil (2014) se refiere a la

identificación auditiva como el análisis realizado con el método tradicional, basado en el mecanismo auditivo humano. Sin embargo, en dicho artículo, se recoge la idea de cómo pueden confundirse perceptivamente dos voces, de manera que se destacan los modernos recursos técnicos de análisis acústico ya que eliminan al máximo la subjetividad, apoyándose en la forma espectral de las muestras comparables de habla indubitada y dubitada. Además, otra de las ventajas de la identificación acústica es que aportan cierta información que auditivamente no son tan fáciles de captar, es decir, hay fenómenos que solo pueden explicarse a partir de los sistemas automáticos de identificación.

En Rose (2002) se manifiesta la idea de que, a pesar de las diversas opiniones sobre el hecho de realizar un tipo de identificación u otra, hoy día, la gran parte de la opinión profesional recomienda un enfoque fonético auditivo-acústico para la identificación forense del hablante. Primeramente, las muestras de voz deben ser escuchadas por un especialista entrenado en el reconocimiento y transcripción de los rasgos auditivos. La finalidad es proporcionar un resumen de las similitudes y diferencias entre las muestras del sistema de sonido usado y de la manera en cómo ha sido realizada y, así, poder seleccionar los parámetros apropiados para que, más tarde, pueda llevarse a cabo la comparación acústica. Además, otro motivo por el que es necesario escuchar las muestras de voz es para decidir si su calidad justifica el hecho de seguir con el análisis ya que si no es posible entender qué se ha dicho, la comparación forense no es posible. Una vez realizado este proceso auditivo y avanzando en el camino de la identificación del hablante, pasa a realizarse la identificación acústica; aquí, la fonética forense ha de encargarse de detectar qué diferencias lingüísticas se manifiestan en la pronunciación de los sonidos y, para ello, deberán seleccionarse una serie de variables de las cuales se analizarán ciertas propiedades acústicas extraídas de las ondas sonoras de las grabaciones cotejadas.

2.4.3. Variables

La elección de unas variables u otras dependerá de las condiciones de la investigación, de las circunstancias reales de cada caso. Como bien se recoge en Blecua, Cicres y Gil (2014), son muchas y muy variadas las características vocales que ayudan a la caracterización y al reconocimiento o identificación de un hablante y que pueden ser

escogidas como parámetros para el proceso de comparación de voces. Sin embargo, no existe el parámetro perfecto puesto que es imposible que uno solo reúna todas las características necesarias y, además, tampoco hay una jerarquización entre ellas. No obstante, hay una serie de propiedades mínimas que deberían reunir las variables escogidas: presentar un número elevado de apariciones en las muestras de habla relevantes para el caso; soportar bien las distorsiones que el canal de comunicación pueda generar; ser relativamente fáciles de extraer y de medir; no resultar fáciles de disimular ni de imitar voluntariamente; tener un grado pequeño de variabilidad intra-hablante pero un elevado grado de variabilidad inter-hablante y, por último, ser independientes entre sí.

Dicho esto, ¿qué más se puede tener en cuenta a la hora de elegir un tipo de parámetro u otro? En primer lugar, como bien explica Gil (2014), si en un análisis se tiene en cuenta el nivel de información, pueden tomarse dos tipos distintos de parámetros: por un lado, aquellos que tienen un mayor nivel de información (dialecto, sociolecto, acento, estilo...) y, por otro lado, los que tienen un menor nivel (amplitud espectral, frecuencia fundamental, frecuencia formántica y otros rasgos acústicos). En segundo lugar, también pueden distinguirse dos tipos de variables según si se analizan aspectos suprasegmentales, o bien, aspectos segmentales. Según lo recogido en Blecua, Cicres y Gil (2014), puede afirmarse que los estudios sobre aspectos suprasegmentales son más usados que los segmentales. Si por el contrario, se tiene en cuenta el grado de variabilidad que tienen unos sonidos u otros, los parámetros también se pueden dividir en dos grupos distintos: por un lado, se hallan aquellos que tienen una menor variabilidad intra-hablante ya que dependen de la forma y de las dimensiones del tracto vocal, es decir, que vienen determinados por la anatomía del locutor. Son ejemplos de este tipo de parámetros dos elementos suprasegmentales: por una parte, la frecuencia fundamental (F_0) es fácil de obtener y de medir, pero difícil de interpretar y, además, presenta inconvenientes porque hay factores que pueden alterarla (edad, intoxicación etílica, drogadicción, emocionales...). La frecuencia fundamental es fruto de la vibración de las cuerdas vocales porque estas, dependiendo de su tamaño, pueden producir distintos tonos; así, unas cuerdas vocales pequeñas y ligeras se moverán más rápido y, en consecuencia, generará frecuencias más elevadas mientras que unas gruesas y largas, generarán una frecuencia más baja. Por otra parte, también son útiles los aspectos temporales ya que se puede estudiar la velocidad de elocución o de

articulación, la frecuencia y extensión de las pausas llenas y vacías, los falsos comienzos, repeticiones de sonidos, o bien, interrupciones motivadas por la respiración. También presentan valores estáticos las frecuencias de los formantes vocálicos, ya que cada hablante tiene su modo particular de producir segmentos debido a su configuración anatómica y a sus propias rutinas articulatorias. Por otro lado, se encuentran los elementos que varían más frecuentemente en un mismo hablante; se trata de aquellos que derivan de la fuente laríngea ya que están más expuestos a influencias paralingüísticas.

3. Exposición del caso. Objetivo e hipótesis

Como ya se ha avanzado en la introducción, en este trabajo se finge un caso en el que tenemos una serie de grabaciones de voces que deberán ser analizadas y comparadas con finalidades forenses. Por un lado, tenemos dos muestras de voz de habla dubitada que pertenecen a un mismo individuo, el culpable del caso que, además, muestra cansancio. A lo largo del trabajo, las muestras de voz dubitada corresponderán a los locutores 5 y 6; el primero se encuentra en unas condiciones de cansancio de nivel 1 y el segundo en unas condiciones de cansancio de nivel 2. Podemos suponer que estas grabaciones han sido obtenidas por la policía a partir de una interceptación telefónica en la que el imputado daba información que lo inculpan del supuesto caso investigado. Por otro lado, tenemos cuatro muestras de voz de habla indubitada que representan a los 4 sospechosos; a lo largo del trabajo serán nombrados como locutor 1, locutor 2, locutor 3 y locutor 4. En este caso, los hablantes de las muestras de habla indubitada muestran unas condiciones de habla normal; podemos suponer que estas grabaciones se han obtenido a partir de una rueda de entrevistas. Así, el objetivo principal de este trabajo es el siguiente:

- Comprobar si unas variables determinadas analizadas en unas condiciones de habla normal (muestra de habla indubitada; locutores 1-4), se mantienen suficientemente estables en unas muestras de habla del mismo individuo cuando este se encuentra en condiciones de cansancio (muestras de habla dubitada; locutores 5 y 6). De esta manera, dichas variables permitirían identificar la voz de habla dubitada (en unas condiciones de cansancio) con la correspondiente

muestra de habla indubitada (en unas condiciones de habla normal). Recordemos que sabemos de antemano que las voces de los locutores 5 y 6 corresponden al locutor 1.

La hipótesis, pues, es la siguiente:

- Cuando el hablante de la muestra de voz dubitada (locutores 5 y 6) se encuentra en condiciones de cansancio, las características de las variables elegidas no varían demasiado respecto a las características que manifiestan en unas condiciones de habla normal (muestras de habla indubitada; locutor 1). Así pues, determinamos que las variables analizadas pueden ser útiles en la comparación de muestras de habla para la identificación del hablante con fines judiciales cuando el hablante de la voz dubitada se encuentra en condiciones de cansancio.

4. Diseño del experimento

Una vez expuesto el objetivo e hipótesis del presente trabajo, veremos el proceso que se ha realizado hasta llegar a los resultados y consiguientes conclusiones. El experimento empieza con la elaboración de un corpus que contiene unos contextos específicos, de manera que nos permitirá analizar las variables que son de nuestro interés y de las que queremos aportar unas conclusiones. A continuación, se procederá a la grabación de cuatro informantes realizando la lectura del corpus y, posteriormente, estas grabaciones de voz serán analizadas de manera acústica y estadística mediante dos programas informáticos: el *Praat* y el *SPSS*, respectivamente.

4.1. Corpus

Según Llisterri (1991), los corpus pueden ser orales o escritos; en este caso, se ha utilizado un corpus oral que ha estado preparado *ad-hoc* para el estudio de los fenómenos que serán expuestos en el siguiente apartado.

Previamente a la obtención del corpus, se ha preparado un listado de palabras² que contienen los elementos específicos que desean analizarse y, luego, con estas palabras se ha construido el texto³. A continuación, este texto ha sido leído por unos informantes seleccionados en unas condiciones precisas y bien controladas para que, más tarde, estas grabaciones puedan ser analizadas.

4.2. Variables

Las variables que se analizarán no han sido escogidas al azar, sino que bibliografía diversa nos ha aportado la información necesaria para seleccionar aquellas que deberían tener una alta variabilidad inter-hablante y una baja variabilidad intra-hablante, de manera que nos permita distinguir a los hablantes. Así pues, como se comenta en Lucena Molina (2005) uno de los sonidos que cumplen estos requisitos son los de tracto vocal ya que dependen de la forma y de las dimensiones de cada individuo. Según González Rodríguez y Lucena Molina (2005), las nasales y las fricativas también corresponden a unas clases de acústicas que denotan dependencia respecto a las configuraciones del tracto vocal específicas de cada locutor. A su vez, Quilis⁴ también menciona /s/ como uno de los elementos suprasegmentales que merece la pena analizar con fines judiciales.

Asimismo, cada una de las variables que se analizarán se encuentran en un mismo contexto ya que el segmento que se encuentra antes y después del elemento central pueden modificarlo durante el proceso de producción del habla.

Con todos estos conocimientos, las variables con sus respectivos contextos que han sido seleccionadas en este trabajo son las siguientes:

- Vocal abierta, central [a] entre oclusivas sordas: [p], [t], [k].
- Vocal cerrada, anterior [i] entre oclusivas sordas: [p], [t], [k].
- Nasal alveolar sonora [n] entre las vocales [a], [e] o [i].
- Fricativa alveolar sorda [s] entre las vocales [a], [e] o [i].

² En el apéndice 2 podemos ver un cuadro con las palabras correspondientes a cada variable.

³ En el apéndice 1 se presenta el texto leído por los informantes.

⁴ Quilis fue precursor en el desarrollo de la fonética judicial en España y, además, realizó numerosos informes forenses.

Los parámetros que se analizarán para cada sonido son distintos en cada uno de ellos: en las vocales se analizará la duración y la frecuencia de los cuatro primeros formantes; en la nasal, la duración y las frecuencias de los tres primeros formantes, mientras que en la fricativa alveolar sorda se mirará el centro de gravedad, la desviación estándar, la curtosis o apuntamiento, la asimetría y el punto de máxima intensidad de l'FFT.

4.3. Informantes

Para la elección de los informantes ha de tenerse en cuenta el concepto de población, entendido como el conjunto total de individuos que, en función de la hipótesis, podría constituir el objeto de estudio (Llisterri: 1991). No obstante, en este trabajo no escogemos un elevado número de población, sino que optamos por una muestra de 4 interlocutores, realizada a conciencia en función de nuestros intereses.

Todos los informantes son de sexo masculino ya que si de 4 informantes, 2 hubiesen sido hombres y 2, mujeres, se hubiese detectado con demasiada facilidad qué voces pertenecían a los hombres y cuáles a las mujeres, debido a la destacable diferencia de las frecuencias de cada uno.

Además, también se ha tenido en cuenta que no haya mucha diferencia entre las edades de los 4 informantes. Así pues, todos los hablantes tienen entre 22 y 28 años. Según Llisterri (1991), sería un error seleccionar informantes de edades muy distintas ya que la edad condiciona el estado del aparato fonatorio provocando cambios en la voz a lo largo del desarrollo del individuo. Uno de estos cambios es la frecuencia de los formantes que se ve afectada por el desarrollo del tracto vocal.

4.4. Grabación

Las grabaciones de un trabajo de fonética deben seguir unas precauciones concretas ya que ha de tenerse en cuenta que cualquier ruido puede ser captado por una grabadora y aparecer como fondo en una grabación, es decir, podrían dificultar el análisis acústico de los espectrogramas. Por este motivo, las grabaciones de este trabajo se han realizado

en la cámara insonorizada del Laboratori de Fonètica de la Universitat de Girona, con una grabadora digital Marantz pmd 670 y un micrófono Audiotechnica AT2050.

El informante que ha realizado las voces dubitadas en condición de cansancio representa al locutor 5 y al 6. El locutor 5 se encuentra en unas condiciones de cansancio de nivel 1: ha subido y bajado corriendo dos pisos de escaleras (en la Universitat de Girona) dos veces y, directamente, ha ido a leer el corpus en el laboratorio de fonética. El locutor 6 muestra unas condiciones de cansancio de nivel 2, más elevadas que el 5 porque ha subido y bajado corriendo las mismas escaleras pero en lugar de hacerlo 2 veces, lo ha hecho 4. Además, este informante también corresponde al locutor 1 de las voces indubitadas.

4.5. Análisis acústico

Para el análisis acústico se ha optado por analizar el espectrograma de las distintas grabaciones mediante el programa *Praat* (v. 6.0.14). Si bien, no se ha seguido el mismo proceso de análisis para todos los parámetros. Por un lado, para detectar la frecuencia de los formantes, se han seleccionado cada una de las vocales y nasales y se ha buscado la frecuencia del centro de cada uno de ellos; para la duración, se ha seleccionado cada sonido desde su inicio hasta su final. Por otro lado, para el análisis de las fricativas, en primer lugar se han identificado y etiquetado dichos sonidos mediante un *textgrid* del programa *Praat*. A continuación, se ha aplicado un *script*⁵ que ha extraído y guardado cada uno de los segmentos como archivo independiente; además, el *script* extrae automáticamente la siguiente información acústica: el centro de gravedad, la desviación estándar, la curtosis o apuntamiento, la asimetría y el punto de máxima intensidad del FFT.

4.6. Análisis estadístico

El análisis estadístico se ha realizado mediante el programa SPSS 23. Este programa nos ha permitido llevar a cabo análisis de varianza y análisis discriminantes.

⁵ Todos los *script* han sido facilitados por Jordi Cicres.

5. Resultados

En este apartado se analizarán y describirán los resultados obtenidos a partir del análisis estadístico con el programa SPSS con la finalidad de establecer conclusiones y poder comprobar si nuestra hipótesis queda confirmada o invalidada.

Realizaremos varios tipos de análisis; en primer lugar, el análisis de varianza (ANOVA) para determinar si en un mismo parámetro hay diferencias significativas interlocutor, de manera que agrupen los informantes 1, 5 y 6 (recordemos que 5 y 6 corresponden a las muestras con cansancio del informante 1), a la vez que los diferencie de los demás. Presentaremos por separado los resultados de los diferentes parámetros: para las variables [a] e [i], se presenta el análisis de los cuatro formantes y de la duración; para la variable [n], los tres primeros formantes y la duración y, para [s], el centro de gravedad, la desviación estándar, la curtosis, la asimetría y el punto de máxima intensidad de l'FFT.

Una vez hemos analizado independientemente cada uno de los parámetros, realizaremos para cada una de las variables, el análisis discriminante; este análisis tiene en cuenta los resultados de todos los parámetros a la vez. Los resultados del análisis aparecerán representados en una tabla en la que se ha tomado como variable de agrupación el locutor “conocido” (1 a 4), es decir, las cuatro voces indubitadas que, recordemos, corresponden a cada uno de los sospechosos, y como variables independientes los distintos parámetros analizados de cada variable, ya nombrados en la explicación del análisis de varianza (ANOVA). El análisis discriminante informa sobre cuáles son las variables que permiten diferenciar a dos o más grupos de sujetos con la intención de poder clasificar nuevos casos como pertenecientes a uno u otro grupo; para ello, encuentra la función o combinación lineal que mejor permita esta diferenciación (Pardo y Ruiz, 2002: 499). Así pues, el análisis pronostica, según la función, en qué grupos clasifica los casos de cada uno de los locutores (1-4), así como los correspondientes a la voz dubitada (locutor 5 y 6).

En un primer análisis discriminante observaremos estos resultados y comprobaremos si cada una de las variables analizadas en condiciones de cansancio se asemejan mayormente con los resultados de las variables del locutor 1, o bien, las características que manifiestan, se parecen más a los locutores 2, 3 y 4. Recordemos que hemos de tener en cuenta que el locutor 5 se encuentra en unas condiciones de

cansancio de nivel 1, mientras que el locutor 6 tiene unas condiciones de cansancio de nivel 2.

Para ver si el tanto por ciento de las clasificaciones de los casos de los locutores 5 y 6 respecto al locutor 1 son muy significativos o no, podemos detenernos a observar el porcentaje de casos del locutor 1 que serían clasificados correctamente con él en unas condiciones de habla normales o, por lo contrario, habría un número elevado de los casos que no se asemejarían al locutor 1 y lo harían más al 2, 3 o 4. Para ello, hemos de mirar la misma tabla pero sin tener en cuenta los casos sin clasificar.

A continuación, el último de los procesos de análisis será realizado de nuevo dos veces; en una de ellas, únicamente se tendrán en cuenta los datos del locutor 5 y en la otra, los del locutor 6. De este modo, podremos ver si cada uno de ellos de una manera independiente agruparían al locutor 1 el mismo número de casos sin clasificar, o bien, uno agruparía más casos que el otro. El hecho más esperable sería que las características de las variables del locutor 6 se mantuvieran menos estables que en el locutor 5, por ser el 6 el que se encuentra en unas condiciones de cansancio más elevadas y que, por lo tanto, hay más probabilidades de que las características de sus variables se alteren respecto a unas condiciones normales de habla.

Para complementar la explicación del análisis de las tablas de clasificación del análisis discriminante, adjuntaremos para cada una de ellas, un diagrama de dispersión de todos los grupos, incluidos los casos sin clasificar. Además, en el diagrama aparecen indicados los centroides de grupo, es decir, la media de los resultados de las variables independientes de cada uno de los locutores.

La distribución de los distintos resultados obtenidos a partir de los análisis se han presentado independientemente para cada una de las variables.

5.1. Resultados de la [a] entre oclusivas sordas

Para este primer estudio se han tenido en cuenta 4 locutores: locutor1, locutor 2, locutor 3 y locutor 4. Los parámetros que han sido analizados son el F1, F2, F3, F4 y la duración.

Primeramente, realizamos el ANOVA tomando por separado cada uno de los parámetros analizados de la [a], para determinar entre qué grupos de datos (o locutores) se dan diferencias significativas en cada uno de ellos. Los resultados se presentan en las

Identificación del hablante a partir del análisis acústico de una muestra de voz en condiciones de cansancio

Lidia Colls Palomero

tablas de subconjunto, con sus respectivos gráficos de medias. En cada una de las cinco tablas podemos observar el valor medio del formante correspondiente (o de la duración, en el último caso) y en qué grupos se clasifican.

Como muestra la *tabla 1*, en relación al F1, podemos ver que no hay diferencias significativas entre los locutores 5, 6 y 1, de manera que los sitúa dentro de un mismo grupo; los valores medios son también muy similares: 619'42 Hz, 631'79 Hz. y 645'22 Hz, respectivamente. El nivel de significación que da para este grupo es de 0'841; cuando el número es mayor que 0'05 no consideramos que dichos locutores pertenezcan a grupos distintos (Llisterri, 1991: 160). Si atendemos a la *figura 1*, se aprecia que la media de dichos locutores están situados en una misma zona, en un mismo grupo. No obstante, podemos ver que mediante otra función, también agrupa el locutor 5 con el 2.

F1

Scheffe^{a,b}

Locutor	N	Subconjunto para alfa = 0.05		
		1	2	3
2	38	568,24		
5	38	619,42	619,42	
6	38		631,79	
1	37		645,22	
3	38			719,58
4	38			738,26
Sig.		,156	,841	,956

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 37,830.

b. Los tamaños de grupo no son iguales. Se utiliza la media armónica de los tamaños de grupo. Los niveles de error de tipo I no están garantizados.

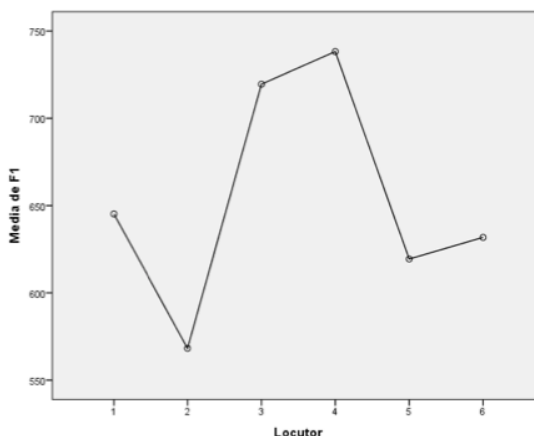


Figura 1. Gráfico de medias del F1 basado en el ANOVA de la variante [a]

Tabla 1. Análisis de varianza del F1 de la variante [a]

Si nos fijamos en la *tabla 2*, observamos que el F2 no es un elemento significativo porque nos agrupa a los locutores 1, 5 y 6 con el 3 y el 4, de manera que no hay diferencias significativas entre ninguno de ellos. En la *figura 2* también podemos ver

Identificación del hablante a partir del análisis acústico de una muestra de voz en condiciones de cansancio

Lidia Colls Palomero

que solamente el locutor 2 queda diferenciado de los demás. Asimismo, el F3 tampoco nos sirve para identificar que el locutor 1, 5 y 6 pertenecen a un mismo grupo porque con el análisis de varianza de este formante, los locutores 5 y 6 se agrupan con el 4 y no con el 1; podemos observar los datos del F3 en la *tabla 3* y en la *figura 3*.

F2			
Scheffe ^{a,b}			
Locutor	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
2	38	1290,34	
4	38		1469,79
3	38		1487,21
1	37		1529,97
5	38		1563,79
6	38		1590,26
Sig.		1,000	,082

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

- a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 37,830.
- b. Los tamaños de grupo no son iguales. Se utiliza la media armónica de los tamaños de grupo. Los niveles de error de tipo I no están garantizados.

Tabla 2. Análisis de varianza del F2 de la variante [a]

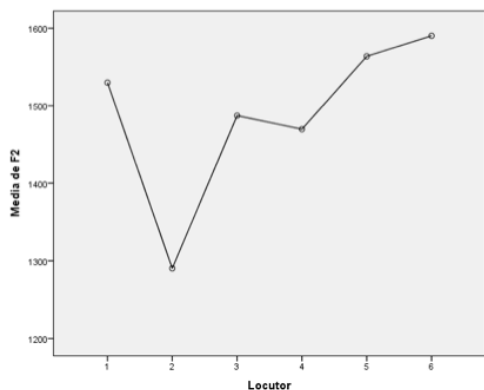


Figura 2. Gráfico de medias del F2 basado en el ANOVA de la variante [a]

F3				
Scheffe ^{a,b}				
Locutor	N	Subconjunto para alfa = 0.05		
		1	2	3
2	38	2438,50		
1	37	2443,19		
3	38	2463,61	2463,61	
4	38		2613,63	2613,63
5	38			2662,76
6	38			2707,47
Sig.		,998	,111	,617

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

- a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 37,830.
- b. Los tamaños de grupo no son iguales. Se utiliza la media armónica de los tamaños de grupo. Los niveles de error de tipo I no están garantizados.

Tabla 3. Análisis de varianza del F3 de la variante [a]

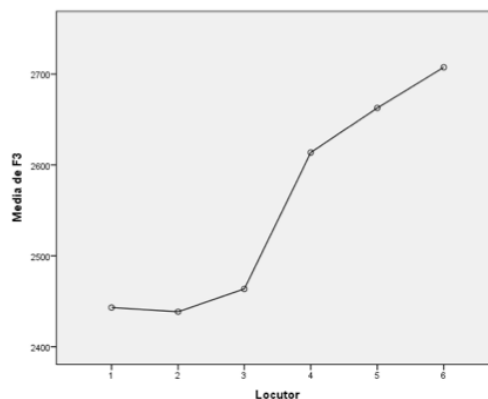


Figura 3. Gráfico de medias del F3 basado en el ANOVA de la variante [a]

N

Identificación del hablante a partir del análisis acústico de una muestra de voz en condiciones de cansancio

Lidia Colls Palomero

No obstante, si atendemos a la *tabla 4*, vemos que hay indicios bastante evidentes de que el F4 es un elemento significativo porque agrupa de nuevo a los locutores 1, 5 y 6 y los diferencia de los demás, con un nivel de significación de 0,288; sin embargo, apreciamos que los locutores 1 y 5 también pueden ser agrupados con el 3 y el 4.

F4

Scheffe^{a,b}

Locutor	N	Subconjunto para alfa = 0.05		
		1	2	3
2	37	3584,46		
4	35	3734,20	3734,20	
3	37	3737,57	3737,57	
1	37		3861,78	3861,78
5	38		3921,84	3921,84
6	38			4007,37
Sig.		,233	,070	,288

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 36,972.

b. Los tamaños de grupo no son iguales. Se utiliza la media armónica de los tamaños de grupo. Los niveles de error de tipo I no están garantizados.

Tabla 4. Análisis de varianza del F4 de la variante [a]

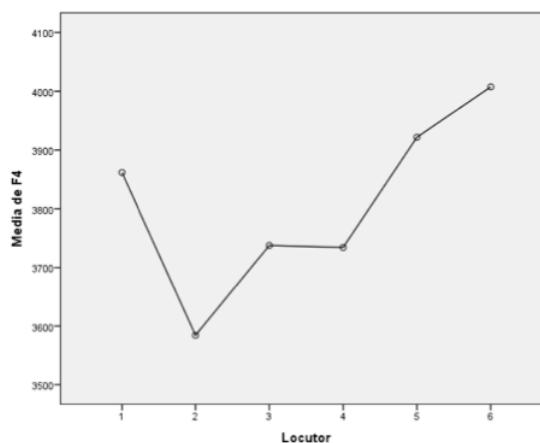


Figura 4. Gráfico de medias del F4 basado en el ANOVA de la variante [a]

Duración

Scheffe^{a,b}

Locutor	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
1	37	49,95	
5	38	52,32	
6	38	52,87	
2	38	54,21	
3	38	56,97	56,97
4	38		67,00
Sig.		,462	,096

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 37,830.

b. Los tamaños de grupo no son iguales. Se utiliza la media armónica de los tamaños de grupo. Los niveles de error de tipo I no están garantizados.

Tabla 5. Análisis de varianza de la duración de la variante [a]

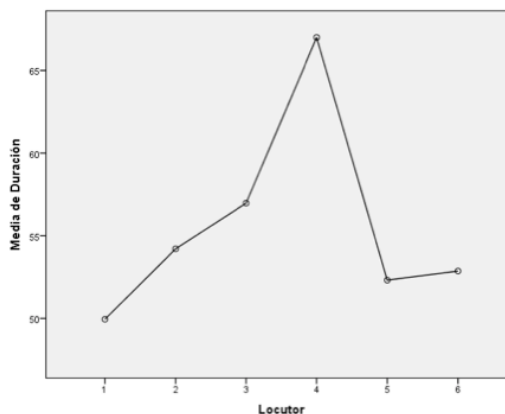


Figura 5. Gráfico de medias de la duración basado en el ANOVA de la variante [a]

Identificación del hablante a partir del análisis acústico de una muestra de voz en condiciones de cansancio

Lidia Colls Palomero

Por último, si nos fijamos en la *tabla 5*, que muestra el análisis de varianza de la duración, vemos que no nos sirve para identificar al locutor 1 con el 5 y el 6 ya que los reúne con más locutores. En la *figura 5* también podemos observar que todos los locutores están situados en una misma zona.

Una vez hemos analizado por separado cada uno de los parámetros y hemos visto que aquellos que son más útiles para agrupar los locutores 1, 5 y 6 son el F1 y el F4, procederemos a realizar otro tipo de prueba estadística, el análisis discriminante, que permite tener en cuenta los resultados de todos los parámetros a la vez (los cuatro formantes y la duración).

En primer lugar, en la *tabla 6* se puede ver que el análisis discriminante ha agrupado los resultados de los distintos formantes y de la duración en 3 funciones distintas. En cada una de las funciones se tienen en cuenta todos los parámetros, sin embargo, a la hora de diferenciar a los grupos, en unas funciones tienen más peso unos parámetros que otros. Si tomamos la función 1, vemos que el parámetro que tiene más peso, por estar considerado aquel que mejor permite diferenciar a los locutores, es el F1.

Coefficientes de función discriminante canónica estandarizados

	Función		
	1	2	3
F1	,905	,029	-,585
F2	-,100	,693	,333
F3	,257	-,530	,607
F4	,122	,561	,275
Duración	,195	-,505	,308

Tabla 6. Agrupación de los resultados en 3 funciones distintas según el análisis discriminante.

La *tabla 7* muestra los resultados de la clasificación de cada una de las vocales [a] analizadas según la función aplicada por el análisis discriminante. En las filas aparecen los casos correspondientes a cada locutor, y en las columnas se indica el locutor al cual se han asignado. Los *casos sin agrupar* corresponden a los casos correspondientes a los

Identificación del hablante a partir del análisis acústico de una muestra de voz en condiciones de cansancio

Lidia Colls Palomero

locutores 5 y 6, muestras de habla dubitada; recordemos que, en un caso real, deberíamos determinar a cuál de los locutores (1 a 4) corresponden; sin embargo, sabemos de antemano que pertenece al locutor 1. La parte superior de la tabla corresponde al recuento de casos, y en la parte inferior aparece la misma información expresada en porcentajes.

		Resultados de clasificación ^a					
		Locutor	Pertenencia a grupos pronosticada				Total
			1	2	3	4	
Original	Recuento	1	24	4	5	4	37
		2	2	31	0	4	37
		3	8	8	10	11	37
		4	4	1	7	23	35
		Casos sin agrupar	55	6	3	12	76
%		1	64,9	10,8	13,5	10,8	100,0
		2	5,4	83,8	,0	10,8	100,0
		3	21,6	21,6	27,0	29,7	100,0
		4	11,4	2,9	20,0	65,7	100,0
		Casos sin agrupar	72,4	7,9	3,9	15,8	100,0

a. 60,3% de casos agrupados originales clasificados correctamente.

Tabla 7. Clasificación de los resultados de [a] según el análisis discriminante

Empezamos, pues, analizando la *tabla 7* fijándonos en los casos sin agrupar para observar los resultados en torno a la hipótesis, es decir, si los resultados de los casos analizados de los locutores 5 y 6 (voz dubitada en nivel de cansancio 1 y en nivel de cansancio 2, respectivamente), se clasifican con el locutor 1 (el mismo individuo que representa a los locutores 5 y 6 pero, en este caso, en condiciones de habla normal). Como podemos observar, de los 76 casos sin agrupar, 55 se clasifican correctamente con el locutor 1, es decir, atendiendo a todas las variables analizadas de [a], el 72,4% de los casos de los locutores 5 y 6 se identifican correctamente con el locutor 1. Con estos resultados podemos comentar dos aspectos distintos. Por un lado, teniendo en cuenta que en una situación previa al análisis solo tenemos un 25% de probabilidades de que los casos sin agrupar pertenezcan al locutor 1 (como hay 4 locutores, cada uno tiene un 25% de probabilidad si fuera por azar), los resultados del análisis son bastante positivos. Asimismo, podemos ver que solo el 7,9%, el 3,9% y el 15,8% de los casos sin agrupar, se asemejan más a los locutores 2, 3 y 4, respectivamente, que al locutor 1. Si, además,

Identificación del hablante a partir del análisis acústico de una muestra de voz en condiciones de cansancio

Lidia Colls Palomero

atendemos a la *figura 6* (gráfico de dispersión) vemos que la mayoría de los casos sin agrupar se encuentran más concentrados alrededor del locutor 1 que de los otros, es decir, se identifican mayormente con este locutor. Por otro lado, para determinar si el porcentaje de la clasificación es muy significativo o no, podemos volver a tomar la *tabla 7* sin tener en cuenta los casos sin clasificar; de este modo, observaremos si de los casos que se han analizado del locutor 1 (tomamos solamente este locutor porque es el que corresponde a las muestras de habla dubitada), la mayoría se identifican correctamente con él o, si por el contrario, hay casos que se parecen más a los otros locutores. Así pues, vemos que del total de los 37 casos analizados, 24 (64,9%) se relacionan correctamente con él. Asimismo, el 10,8%, 13,5% y 10,8% de los casos del locutor 1 se identifican erróneamente a los locutores 2, 3 y 4, respectivamente. Así, si tenemos en cuenta que en unas condiciones de habla normal, el 64,9% de los casos se agrupan con el locutor 1, el hecho de que en unas condiciones de habla cansada, se agrupen correctamente el 72,4% de los casos, es un síntoma de que las variables analizadas podrían ser útiles para la identificación correcta del hablante en una situación de habla en condiciones de cansancio.

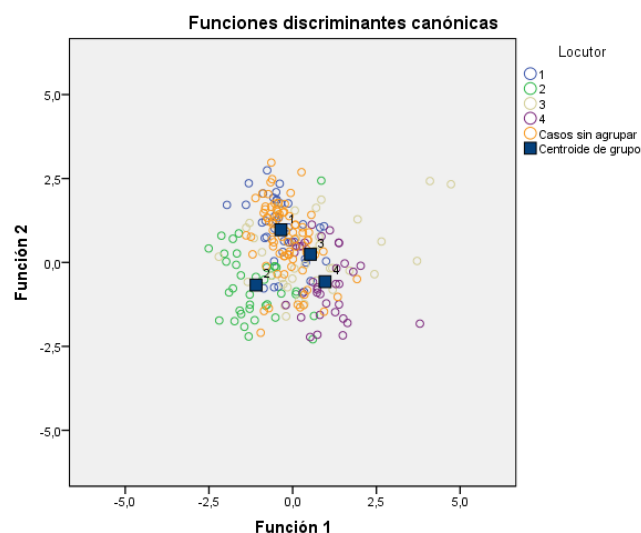


Figura 6. Diagrama de dispersión que representa los resultados obtenidos a partir del análisis discriminante

Ahora bien, como sabemos, los casos sin agrupar pertenecen, a su vez, al locutor 5 (nivel de cansancio 1) y al locutor 6 (nivel de cansancio 2). De esta manera, nos

Identificación del hablante a partir del análisis acústico de una muestra de voz en condiciones de cansancio

Lidia Colls Palomero

podemos preguntar si uno de los dos locutores, por encontrarse en un nivel de cansancio diferente, agruparía al locutor 1 más números de casos sin clasificar que el otro, o bien, no habría ninguna diferencia. Para dicha comparación, tomamos las tablas situadas en la parte inferior; en la *tabla 8* nos fijamos en el número de casos del locutor 5 (o tanto por ciento) que se agrupa a cada locutor teniendo en cuenta el análisis estadístico de las variables dependientes. La *tabla 9* muestra los mismos resultados que la anterior pero, únicamente del locutor 6.

Por un lado, si nos fijamos en la *tabla 8*, vemos que del total de los casos analizados del locutor 5, el 68,4% de los casos se agrupan correctamente al locutor 1.

Resultados de clasificación ^a							
		Locutor	Perteneencia a grupos pronosticada				Total
			1	2	3	4	
Original	Recuento	1	24	4	5	4	37
		2	2	31	0	4	37
		3	8	8	10	11	37
		4	4	1	7	23	35
		Casos sin agrupar	26	4	2	6	38
%		1	64,9	10,8	13,5	10,8	100,0
		2	5,4	83,8	,0	10,8	100,0
		3	21,6	21,6	27,0	29,7	100,0
		4	11,4	2,9	20,0	65,7	100,0
		Casos sin agrupar	68,4	10,5	5,3	15,8	100,0

a. 60,3% de casos agrupados originales clasificados correctamente.

Tabla 8. Clasificación de los resultados de [a] según el análisis discriminante, prescindiendo del locutor 6.

Por otro lado, en la *tabla 9* vemos que, respecto al locutor 5, en el 6 hay un mayor porcentaje de casos que se asemejan correctamente al locutor 1, concretamente, un 76,3%. Así pues, determinamos que de los resultados del análisis estadístico de los casos sin agrupar, el locutor 6 tiene un mayor porcentaje de casos respecto al locutor 5 que se asemejan correctamente al locutor 1. Estos resultados sorprenden porque indica que las variables se mantienen más estables en unas condiciones de cansancio de nivel 2 que no en unas condiciones de cansancio de nivel 1.

Identificación del hablante a partir del análisis acústico de una muestra de voz en condiciones de cansancio

Lidia Colls Palomero

Resultados de clasificación^a

		Locutor	Pertenenca a grupos pronosticada				Total
			1	2	3	4	
Original	Recuento	1	24	4	5	4	37
		2	2	31	0	4	37
		3	8	8	10	11	37
		4	4	1	7	23	35
		Casos sin agrupar	29	2	1	6	38
%		1	64,9	10,8	13,5	10,8	100,0
		2	5,4	83,8	,0	10,8	100,0
		3	21,6	21,6	27,0	29,7	100,0
		4	11,4	2,9	20,0	65,7	100,0
		Casos sin agrupar	76,3	5,3	2,6	15,8	100,0

a. 60,3% de casos agrupados originales clasificados correctamente.

Tabla 9. Clasificación de los resultados de [a] según el análisis discriminante, prescindiendo del locutor 5.

5.2. Resultados de la [i] entre oclusivas sordas

Para el análisis de la variable [i] se han considerado los 4 locutores: 1, 2, 3 y 4. A su vez, los parámetros que se han analizado son los mismos que en la variable anterior: el F1, F2, F3, F4 y la duración.

En este apartado se llevarán a cabo los mismos análisis que se han presentado para la variable [a]. En primer lugar, realizamos el análisis de varianza ANOVA para cada uno de los parámetros de [i] para diagnosticar entre qué grupos de datos (o locutores) se dan diferencias significativas.

Si atendemos a la *tabla 10*, determinamos que mirando únicamente el F1 no podríamos identificar al locutor 1 con el 5 y el 6 ya que se muestran diferencias significativas entre el locutor 1 y el 6, de modo que los sitúa en grupos distintos; para verlo de una manera más clara, podemos fijarnos en la *figura 7*.

Sin embargo, si nos fijamos en los resultados del F2 y del F3 (representados en las *tablas 11 y 12*, respectivamente) podemos ver que agrupa a los locutores 1, 5 y 6 y que el nivel de significación es de 0'118 en el F2 y de 0'355 en el F3. El hecho de que los

Identificación del hablante a partir del análisis acústico de una muestra de voz en condiciones de cansancio

Lidia Colls Palomero

resultados del nivel de significación estén situados por encima del 0'05%, es una prueba de que los locutores 1, 5 y 6 pertenecen al mismo grupo y, a su vez, muestran diferencias significativas respecto a los demás locutores. No obstante, en la *tabla 12* podemos observar que además de agrupar a los 3 locutores (1, 5 y 6) correctamente, en otra agrupación identificaría el locutor 5 y 6 con el 2. Para ver gráficamente los resultados del análisis de varianza del F2 y del F3, podemos atender a las *figuras 8 y 9*.

F1

Scheffe^{a,b}

Locutor	N	Subconjunto para alfa = 0.05		
		1	2	3
3	40	391,05		
2	39	401,67		
4	40	405,10		
1	39	413,72	413,72	
5	39		435,82	435,82
6	38			437,00
Sig.		,059	,071	1,000

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 39,155.

b. Los tamaños de grupo no son iguales. Se utiliza la media armónica de los tamaños de grupo. Los niveles de error de tipo I no están garantizados.

Tabla 10. Análisis de varianza del F1 de la variante [i]

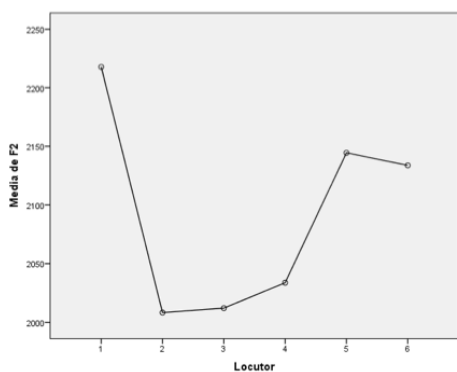


Figura 8. Gráfico de medias del F2 basado en el ANOVA de la variante [i]

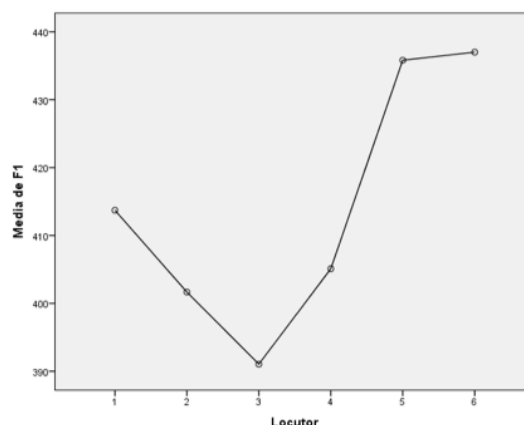


Figura 7. Gráfico de medias del F1 basado en el ANOVA de la variante [i]

F2

Scheffe^{a,b}

Locutor	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
2	39	2008,36	
3	40	2012,13	
4	40	2033,73	
6	38		2133,63
5	39		2144,31
1	39		2217,72
Sig.		,976	,118

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 39,155.

b. Los tamaños de grupo no son iguales. Se utiliza la media armónica de los tamaños de grupo. Los niveles de error de tipo I no están garantizados.

Tabla 11. Análisis de varianza del F2 de la variante [i]

Identificación del hablante a partir del análisis acústico de una muestra de voz en condiciones de cansancio

Lidia Colls Palomero

F3

Scheffe^{a,b}

Locutor	N	Subconjunto para alfa = 0.05		
		1	2	3
3	40	2640,18		
4	40	2697,33		
2	39	2780,33	2780,33	
5	38		2873,32	2873,32
6	37		2880,97	2880,97
1	39			2989,74
Sig.		,158	,529	,355

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

- a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 38,804.
- b. Los tamaños de grupo no son iguales. Se utiliza la media armónica de los tamaños de grupo. Los niveles de error de tipo I no están garantizados.

Tabla 12. Análisis de varianza del F3 de la variante [i]

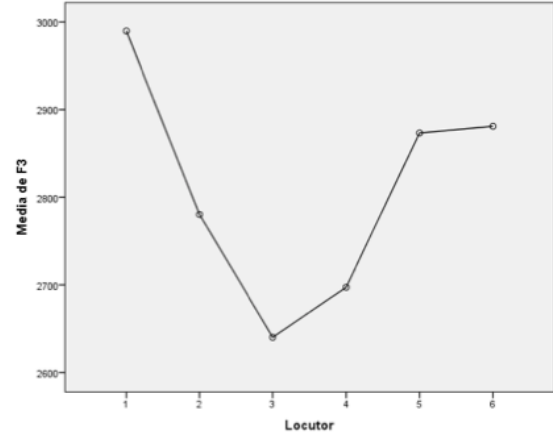


Figura 9. Gráfico de medias del F3 basado en el ANOVA de la variante [i]

Si para la identificación de un hablante quisiéramos utilizar los resultados del F4, atendiendo a los resultados que muestra la *tabla 13* vemos que, del mismo modo que ocurría con el F1, con este parámetro tampoco sería posible ya que identifica en un mismo grupo a los locutores 1 y 6 pero encuentra diferencias significativas entre estos locutores y el 5, de manera que este locutor no queda agrupado con el 1 y el 6. En la *figura 10* puede observarse que el locutor 5 queda más separado del 1 y el 6.

Por último, podemos mirar si la duración nos sirve para identificar correctamente que los locutores 1, 5 y 6 pertenecen a un mismo grupo, ya que son 3 grabaciones que corresponden a la misma persona. Rápidamente observamos que este parámetro por sí solo no sería útil para la identificación del hablante ya que no muestra ninguna diferencia significativa entre ningún locutor y, por lo tanto, los sitúa a todos dentro de un mismo grupo.

Identificación del hablante a partir del análisis acústico de una muestra de voz en condiciones de cansancio

Lidia Colls Palomero

F4

Scheffe^{a,b}

Locutor	N	Subconjunto para alfa = 0.05		
		1	2	3
4	40	3570,93		
3	40	3606,25		
2	36	3638,17		
5	38		3784,76	
1	38			3937,61
6	37			3964,11
Sig.		,688	1,000	,993

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

- a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 38,111.
- b. Los tamaños de grupo no son iguales. Se utiliza la media armónica de los tamaños de grupo. Los niveles de error de tipo I no están garantizados.

Tabla 13. Análisis de varianza del F1 de la variable [i]

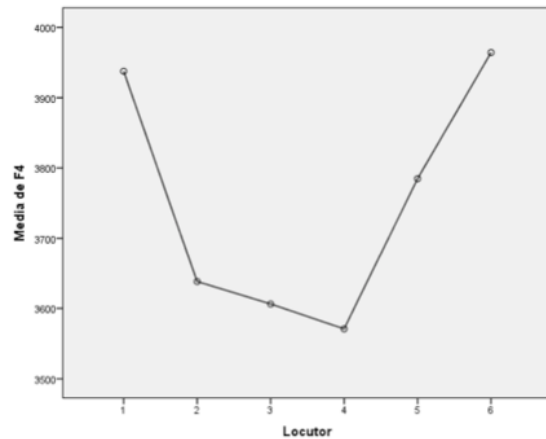


Figura 10. Gráfico de medias del F4 basado en el ANOVA de la variante [i]

Duración

Scheffe^{a,b}

Locutor	N	Subconjunto para alfa = 0.05
		1
3	40	42,03
2	39	43,10
6	39	44,69
1	39	47,54
4	40	47,80
5	40	49,13
Sig.		,565

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

- a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 39,494.
- b. Los tamaños de grupo no son iguales. Se utiliza la media armónica de los tamaños de grupo. Los niveles de error de tipo I no están garantizados.

Tabla 14. Análisis de varianza de la duración de la variable [i]

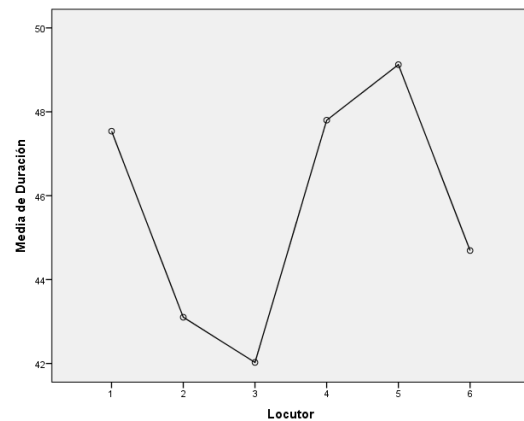


Figura 11. Gráfico de medias de la duración basado en el ANOVA de la variante [i]

Una vez hemos analizado por separado los datos de cada uno de los parámetros y hemos visto que aquellos que son más útiles para agrupar los locutores 1, 5 y 6 son el F2 y el F3, realizaremos el análisis discriminante. Con este tipo de análisis tendremos en cuenta a la vez los resultados de los 4 formantes y de la duración, es decir, no de manera independiente como hemos hecho con el ANOVA.

En primer lugar, en la *tabla 15* se puede ver el mismo proceso que se ha realizado con [a]: el análisis discriminante ha agrupado los resultados de los distintos formantes y de la duración en 3 funciones distintas. Recordemos que en cada una de las funciones se tienen en cuenta todas las variables pero a la hora de diferenciar a los grupos, en unas funciones tienen más peso unas variables que otras. Si prestamos atención a la función 1, vemos que la variable que mejor permite diferenciar a los grupos es el F4.

Coefficientes de función discriminante canónica estandarizados

	Función		
	1	2	3
F1	,218	,673	-,050
F2	,581	-,412	-1,191
F3	-,234	,694	,599
F4	,783	-,310	,589
Duración	-,010	,638	,093

Tabla 15. Agrupación de los resultados en 3 funciones distintas según el análisis discriminante

La *tabla 16* muestra los resultados de la clasificación de cada una de las vocales [i] analizadas según la función aplicada por el análisis discriminante. Recordemos que los casos sin agrupar corresponden a los casos pertenecientes a los locutores 5 y 6, muestras de habla dubitada y que, se debería determinar a cuál de los locutores (1 a 4) corresponden.

Si atendemos a la *tabla 16*, nos empezamos fijando a dónde se distribuyen los distintos casos sin agrupar (locutor 5 en nivel de cansancio 1 y locutor 6 en nivel de cansancio 2) para ver si se clasifican con el locutor 1 (el mismo individuo que representa a los locutores 5 y 6 pero, en este caso, en condiciones de habla normal).

Identificación del hablante a partir del análisis acústico de una muestra de voz en condiciones de cansancio

Lidia Colls Palomero

Resultados de clasificación^a

		Locutor	Pertenencia a grupos pronosticada				Total
			1	2	3	4	
Original	Recuento	1	33	2	1	2	38
		2	3	14	11	8	36
		3	5	7	19	9	40
		4	4	5	9	22	40
		Casos sin agrupar	52	10	3	10	75
%		1	86,8	5,3	2,6	5,3	100,0
		2	8,3	38,9	30,6	22,2	100,0
		3	12,5	17,5	47,5	22,5	100,0
		4	10,0	12,5	22,5	55,0	100,0
		Casos sin agrupar	69,3	13,3	4,0	13,3	100,0

a. 57,1% de casos agrupados originales clasificados correctamente.

Tabla 16. Clasificación de los resultados de [i] según el análisis discriminante

Analizando los resultados de la variable [i], podemos ver que de los 75 casos sin agrupar, 52 se clasificarían correctamente al locutor 1, es decir, el 69'3% de los casos de los locutores 5 y 6 se asemejan correctamente al locutor 1. Teniendo en cuenta que al azar solo hay un 25% de probabilidades de que los casos sin agrupar se asemejen más al locutor 1, los resultados obtenidos del análisis estadístico son considerados positivamente. Paralelamente, podemos ver que solo el 5,3 %, el 2,6% y el 5,3% de los casos sin agrupar, se asemejarían más a los locutores 2, 3 y 4, respectivamente; estos últimos datos indican que dichos locutores están lejos de poder estar relacionados con las muestras de habla dubitada (locutores 5 y 6). Además, si nos fijamos en la *figura 12*, vemos claramente que los casos sin agrupar (representados en los círculos de color naranja) se encuentran más concentrados alrededor del centroide del locutor 1 que de los otros.

Asimismo, es interesante fijarse en el número de casos de [i] del locutor 1 que en unas condiciones normales se identificarían correctamente con él o, si por el contrario, alguno de estos resultados del locutor 1 se identificaría con el locutor 2, 3 o 4; para ello, analizaremos de nuevo la *tabla 16* pero ahora, sin tener en cuenta los casos sin clasificar. De este modo, podremos determinar si las conclusiones sacadas anteriormente teniendo en cuenta los locutores 5 y 6, son muy significativos o no. Así

Identificación del hablante a partir del análisis acústico de una muestra de voz en condiciones de cansancio

Lidia Colls Palomero

pues, podemos ver que el 86,8% de los resultados de las variables independientes del locutor 1 se le agrupan correctamente y, por el contrario, solo el 5,3%, el 2,6% y el 5,3% se agrupan equivocadamente a los locutores 2, 3 y 4, respectivamente.

Así pues, si tenemos en cuenta que en unas condiciones de habla normal, el 86'8% de los casos del locutor 1 se agrupan correctamente con el locutor 1, el hecho de que en unas condiciones de habla cansada, se agrupen correctamente al locutor 1 el 69,3% de los casos sin agrupar, es un indicio de que las variables analizadas podrían ser útiles para la identificación correcta del hablante en una situación de habla en condiciones de cansancio; no obstante, estos resultados no son tan positivos como sucedía en [a].

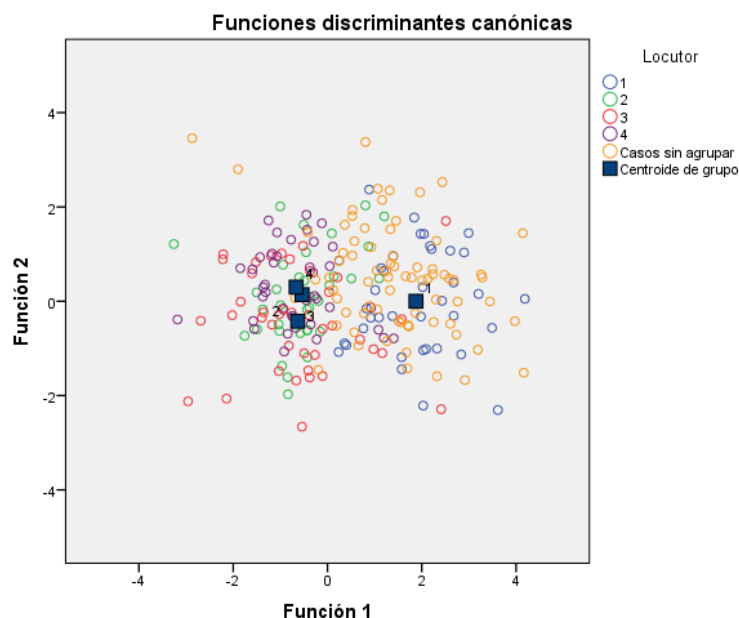


Figura 12. Diagrama de dispersión que representa los resultados obtenidos a partir del análisis discriminante

A continuación, analizaremos y compararemos dos tablas distintas, presentadas en la parte inferior: en la *tabla 17* se muestra el número de casos del locutor 5 (o tanto por ciento) que se agrupa a cada locutor teniendo en cuenta el análisis estadístico de las variables, mientras que la *tabla 18* muestra los mismos resultados que la anterior pero, en este caso, del locutor 6. Así pues, el objetivo es interpretar estas dos tablas para ver si, de los casos sin agrupar, uno de los dos locutores (5 o 6) agrupa correctamente más o menos casos al locutor 1 que el otro.

Identificación del hablante a partir del análisis acústico de una muestra de voz en condiciones de cansancio

Lidia Colls Palomero

Resultados de clasificación^a

		Locutor	Pertenencia a grupos pronosticada				Total
			1	2	3	4	
Original	Recuento	1	33	2	1	2	38
		2	3	14	11	8	36
		3	5	7	19	9	40
		4	4	5	9	22	40
		Casos sin agrupar	22	8	2	6	38
%		1	86,8	5,3	2,6	5,3	100,0
		2	8,3	38,9	30,6	22,2	100,0
		3	12,5	17,5	47,5	22,5	100,0
		4	10,0	12,5	22,5	55,0	100,0
		Casos sin agrupar	57,9	21,1	5,3	15,8	100,0

a. 57,1% de casos agrupados originales clasificados correctamente.

Tabla 17. Clasificación de los resultados según el análisis discriminante, prescindiendo del locutor 6.

Resultados de clasificación^a

		Locutor	Pertenencia a grupos pronosticada				Total
			1	2	3	4	
Original	Recuento	1	33	2	1	2	38
		2	3	14	11	8	36
		3	5	7	19	9	40
		4	4	5	9	22	40
		Casos sin agrupar	30	2	1	4	37
%		1	86,8	5,3	2,6	5,3	100,0
		2	8,3	38,9	30,6	22,2	100,0
		3	12,5	17,5	47,5	22,5	100,0
		4	10,0	12,5	22,5	55,0	100,0
		Casos sin agrupar	81,1	5,4	2,7	10,8	100,0

a. 57,1% de casos agrupados originales clasificados correctamente.

Tabla 18. Clasificación de los resultados según el análisis discriminante, prescindiendo del locutor 5.

De acuerdo con la *tabla 17*, interpretamos que del total de los casos analizados del locutor 5, el 57,9% de los casos se agruparían correctamente al locutor 1. En cambio, en la *tabla 18* vemos que, respecto al locutor 5, en el 6 hay un mayor porcentaje de casos que se asemejan correctamente al locutor 1, concretamente, un 81,1%. Así pues, determinamos que del análisis estadístico de los casos sin agrupar, el locutor 6 tiene un

mayor porcentaje de casos, respecto al locutor 5, que se asemejan correctamente al locutor 1. De la misma manera que sucedía con los resultados de la variable [a], estos también sorprenden porque representa que las variables se mantienen más estables en unas condiciones de cansancio de nivel 2 (locutor 6) que en unas condiciones de cansancio de nivel 1 (locutor 5).

5.3. Resultados de [n] entre vocales

Para el análisis de esta variable se han tenido en cuenta los 4 grupos de locutores: 1, 2, 3 y 4. A su vez, los parámetros que se han analizado son el F1, F2, F3 y la duración.

Siguiendo la misma estructura que en los casos anteriores, empezamos mirando individualmente cada uno de los parámetros, es decir, realizamos el análisis de varianza (ANOVA). A diferencia de [a] e [i], para [n] solamente tenemos los tres primeros formantes, además de la duración.

Si nos fijamos en las *tablas 19 y 20*, nos damos cuenta de que para la identificación de un hablante no podríamos basarnos únicamente en el F1 o en el F2. Por un lado, si atendemos a la *tabla 19*, vemos que analizando el F1 se agrupan los locutores 4, 5 y 6; estos tienen un nivel de significación de 0,921, un porcentaje elevado que sitúa a estos 3 locutores muy lejos de los demás y, por lo tanto, y de una manera errónea, también del locutor 1. Por otro lado, respecto al F2 (*tabla 20*), vemos que sí que agrupa a los locutores 1, 5 y 6 pero, a su vez, también incluye el locutor 4.

El hecho de que mediante el análisis del F1 se identifique al locutor 4 con el 5 y el 6 nos llevaría a una identificación errónea en un caso forense. Para ver los datos de una manera más clara, podemos atender a las *figuras 13 y 14*.

Identificación del hablante a partir del análisis acústico de una muestra de voz en condiciones de cansancio

Lidia Colls Palomero

F1				
Scheffe ^{a,b}				
Locutor	N	Subconjunto para alfa = 0.05		
		1	2	3
2	52	345,58		
3	52	366,98		
1	52		490,58	
6	50			559,34
5	52			570,87
4	52			578,50
Sig.		,879	1,000	,921

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

- a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 51,656.
- b. Los tamaños de grupo no son iguales. Se utiliza la media armónica de los tamaños de grupo. Los niveles de error de tipo I no están garantizados.

Tabla 19. Análisis de varianza del F1 de la variable [n]

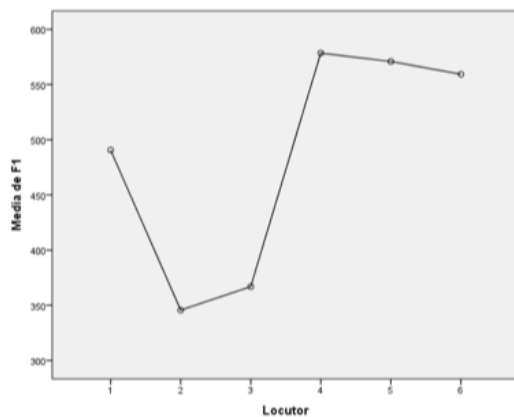


Figura 13. Gráfico de medias del F1 basado en el ANOVA de la variable [n]

F2				
Scheffe ^{a,b}				
Locutor	N	Subconjunto para alfa = 0.05		
		1	2	3
3	52	1040,42		
2	52		1501,77	
4	52			1676,54
1	52			1693,60
5	51			1731,27
6	50			1779,30
Sig.		1,000	1,000	,556

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

- a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 51,488.
- b. Los tamaños de grupo no son iguales. Se utiliza la media armónica de los tamaños de grupo. Los niveles de error de tipo I no están garantizados.

Tabla 20. Análisis de varianza del F2 de la variable [n]

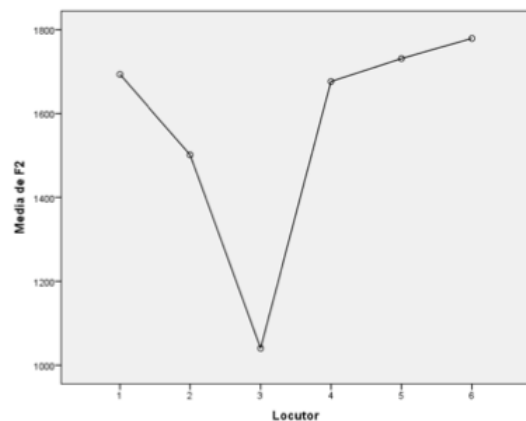


Figura 14. Gráfico de medias del F2 basado en el ANOVA de la variable [n]

El F3 es el único parámetro que podríamos tener en cuenta para la identificación del hablante porque agrupa a los locutores 1, 5 y 6, con un nivel de significación de 0'407; sin embargo, observamos que en otro análisis agrupa al locutor 5 con el 4. Los resultados del F3 están representados en la *tabla 21* y en la *figura 15*.

Identificación del hablante a partir del análisis acústico de una muestra de voz en condiciones de cansancio

Lidia Colls Palomero

F3

Scheffe ^{a,b}					
Locutor	N	Subconjunto para alfa = 0.05			
		1	2	3	4
3	52	1898,37			
2	51		2451,43		
4	49		2502,78	2502,78	
5	52			2655,15	2655,15
1	52				2768,96
6	50				2777,30
Sig.		1,000	,970	,164	,407

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

- a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 50,973.
- b. Los tamaños de grupo no son iguales. Se utiliza la media armónica de los tamaños de grupo. Los niveles de error de tipo I no están garantizados.

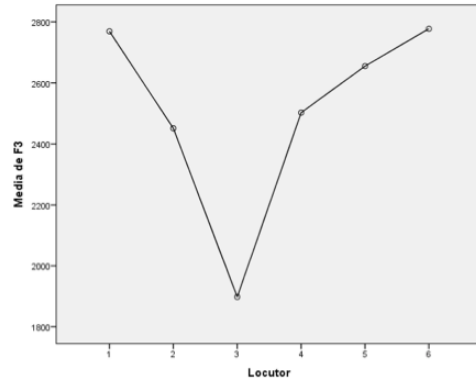


Figura 15. Gráfico de medias del F3 basado en el ANOVA de la variable [n]

Tabla 21. Análisis de varianza del F3 de la variable [n]

Por último, analizamos la duración; como sucedía en las anteriores variables, este parámetro no muestra indicios de ser un elemento que agrupe a los locutores 1, 5 y 6 y que los separe de los demás grupos; en este caso, agrupa a los locutores 1 y 6 con el 2. Los resultados de la duración se muestran en la tabla 22 y en la figura 16.

Duración

Scheffe ^{a,b}				
Locutor	N	Subconjunto para alfa = 0.05		
		1	2	3
4	52	43,54		
3	52	44,44	44,44	
5	52	45,04	45,04	
2	52	49,81	49,81	49,81
1	52		52,02	52,02
6	51			56,08
Sig.		,207	,064	,207

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

- a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 51,831.
- b. Los tamaños de grupo no son iguales. Se utiliza la media armónica de los tamaños de grupo. Los niveles de error de tipo I no están garantizados.

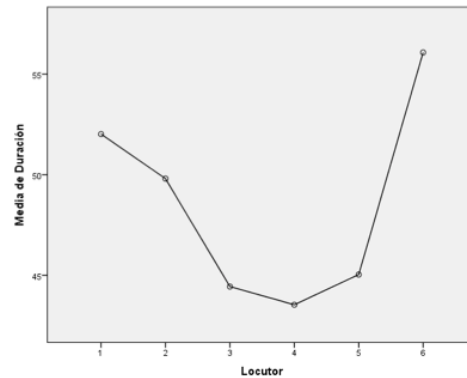


Figura 16. Gráfico de medias de la duración basado en el ANOVA de la variable [n]

Tabla 22. Análisis de varianza de la duración de la variable [n]

Identificación del hablante a partir del análisis acústico de una muestra de voz en condiciones de cansancio

Lidia Colls Palomero

Una vez hemos estudiado por separado cada uno de los parámetros de [n] mediante el análisis de varianza (ANOVA), hemos visto que de todas ellas, la única que mostraría ciertos indicios para poder identificar correctamente a los locutores (1, 5 y 6) en un mismo grupo, es el F3. Por consiguiente, realizaremos un análisis discriminante para ver si tomando todas las variables a la vez (F1, F2, F3 y duración), podríamos hacer una correcta identificación del hablante.

En la *tabla 23* se muestran las 3 funciones seleccionadas; como ya se ha comentado en otras ocasiones, cada una de las funciones tiene en cuenta todos los parámetros pero a la hora de diferenciar a los grupos, en unas tienen más peso unos parámetros que otros. Así pues, si atendemos a la función 1, vemos que el valor que más se ha tenido en cuenta es el F1.

**Coefficientes de función discriminante
canónica estandarizados**

	Función		
	1	2	3
F1	,734	-,654	,220
F2	,239	,174	-1,111
F3	,443	,652	,730
Duración	,170	,404	,387

Tabla 23. Agrupación de los resultados en 3 funciones distintas según el análisis discriminante

Para ver los resultados del análisis discriminante, nos centraremos en la *tabla 24*, que muestra la clasificación de cada una de las [n] analizadas según la función aplicada por dicho análisis.

El propósito del análisis discriminante es determinar si los casos sin agrupar (locutor 5 en nivel de cansancio 1 y locutor 6 en nivel de cansancio 2) se clasifican con el locutor 1 (el mismo individuo que representa a los locutores 5 y 6 pero, en este caso, en condiciones de habla normal) o, por el contrario, lo hace con los demás locutores.

Así pues, analizando los resultados de la variable [n], interpretamos rápidamente que descartaríamos la posible correspondencia de los casos sin agrupar a los locutores 2 y 3 ya que sólo se clasifican, respectivamente, un 5'9% y un 0% a dichos locutores. Sin

Identificación del hablante a partir del análisis acústico de una muestra de voz en condiciones de cansancio

Lidia Colls Palomero

embargo, y a diferencia de los resultados obtenidos hasta el momento con las otras variables dependientes, un 55,4% de los casos sin agrupar se clasificarían equívocamente al locutor 4 y tan solo un 38,6% al locutor 1. Teniendo en cuenta que al azar, hay un 25% de probabilidades de que los casos sin agrupar se asemejen al locutor 1 (lo mismo ocurre para los locutores 2-4), es cierto que la probabilidad estadística de este locutor (38,6%), es mayor que la probabilidad hecha al azar (25%), pero no suficiente ya que la probabilidad del locutor 4 es mayor. A su vez, en la *figura 17*, podemos ver que la mayoría de los casos sin agrupar (indicados por el color amarillo) se encuentran más concentrados alrededor del locutor 4 que de los otros, al mismo tiempo que quedan muy alejados de los locutores 2 y 3.

Resultados de clasificación^a

		Locutor	Pertenencia a grupos pronosticada				Total
			1	2	3	4	
Original	Recuento	1	33	9	1	9	52
		2	2	44	3	2	51
		3	2	4	44	2	52
		4	0	6	0	43	49
		Casos sin agrupar	39	6	0	56	101
%		1	63,5	17,3	1,9	17,3	100,0
		2	3,9	86,3	5,9	3,9	100,0
		3	3,8	7,7	84,6	3,8	100,0
		4	,0	12,2	,0	87,8	100,0
		Casos sin agrupar	38,6	5,9	,0	55,4	100,0

a. 80,4% de casos agrupados originales clasificados correctamente.

Tabla 24. Clasificación de los resultados de la variable [n] según el análisis discriminante

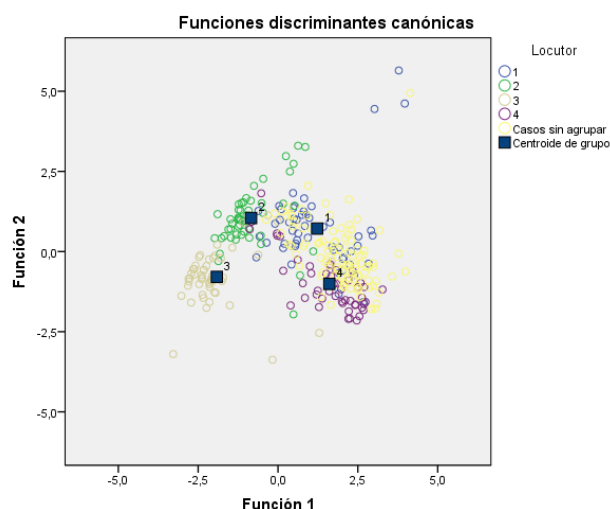


Figura 17. Diagrama de dispersión que representa los resultados obtenidos a partir del análisis discriminante

Teniendo en cuenta que la voz del locutor 1 (condiciones de habla normales) y la voz de las muestras de habla dubitada (locutores 5 y 6) son de la misma persona, pero que las voces dubitadas a partir del análisis discriminante no se identifican mayormente con el locutor 1, nos planteamos las siguientes cuestiones: como sería esperable en unas condiciones de habla normal, ¿la mayor parte de los casos del locutor 1 se identificarían correctamente con él? O bien, teniendo en cuenta los resultados del análisis discriminante, ¿el número de casos del locutor 1 que se identifican con él sería muy bajo? Si los resultados estuvieran más cerca de responder la segunda pregunta, querría decir que tendríamos una explicación para los resultados obtenidos anteriormente, es decir, que los casos 5 y 6 no se identifiquen con el locutor 1 porque ni siquiera los casos del locutor 1 en unas condiciones de habla normal se clasificarían con él.

Para dar respuestas a estas preguntas, volvemos a fijarnos en la *tabla 24* pero, ahora, sin tener en cuenta los casos sin clasificar (ya que no son necesarios para este análisis). Detectamos que de los casos del locutor 1, el 63,5% se agrupan correctamente a él y que, un 17,3% de estos casos se identifican con el locutor 4 (a su vez, un 17,3% de los casos también se identifican al locutor 2).

Los resultados obtenidos son muy interesantes porque nos permite determinar que en unas condiciones de habla normal, un 63,5% de los casos del locutor 1 se identifican correctamente con él y solo un 17,3% se identifican con el 4. Por el contrario, del total de los casos sin clasificar (locutores 5 y 6, que corresponden al locutor 1, es decir, son la misma persona), solo un 38,6% se identifican con el locutor 1, mientras que un 55,4% se identifica con el locutor 4. Esta comparación nos permite diagnosticar lo siguiente: En primer lugar, hay indicios de que la variable [n] permitiría identificar al hablante cuando este se encuentra en unas condiciones de habla normal (demostrado con un 63,5% de la correspondencia de los casos). En segundo lugar, nos permite determinar que cuando el individuo se encuentra en condiciones de cansancio, la variable [n] intervocálica no sería un segmento útil con finalidades forenses ya que las características de sus variables dependientes varían demasiado respecto al momento en que estas son realizadas en unas condiciones de habla normal y no permiten la identificación, es más, dichos resultados nos llevarían a una identificación errónea con el locutor 4.

A continuación, se llevará a cabo la comparación de la *tabla 25* y de la *tabla 26*. La primera de ellas muestra el número de casos del locutor 5 (o tanto por ciento) que se

Identificación del hablante a partir del análisis acústico de una muestra de voz en condiciones de cansancio

Lidia Colls Palomero

agruparían a cada locutor (1-4) teniendo en cuenta el análisis estadístico de las variables; la *tabla 26*, muestra los mismos resultados que la anterior pero, en este caso, del locutor 6. El objetivo es ver si del total de los casos sin agrupar, uno de los dos locutores (5 o 6) agrupa correctamente más o menos casos al locutor 1 que el otro.

Resultados de clasificación^a

		Locutor	Pertenencia a grupos pronosticada				Total
			1	2	3	4	
Original	Recuento	1	33	9	1	9	52
		2	2	44	3	2	51
		3	2	4	44	2	52
		4	0	6	0	43	49
		Casos sin agrupar	8	6	0	37	51
%		1	63,5	17,3	1,9	17,3	100,0
		2	3,9	86,3	5,9	3,9	100,0
		3	3,8	7,7	84,6	3,8	100,0
		4	,0	12,2	,0	87,8	100,0
		Casos sin agrupar	15,7	11,8	,0	72,5	100,0

a. 80,4% de casos agrupados originales clasificados correctamente.

Tabla 25. Clasificación de los resultados según el análisis discriminante, prescindiendo del locutor 6.

De acuerdo con la *tabla 25*, interpretamos que del total de los casos del locutor 5, un 72'5% de los casos se clasifican equívocamente al locutor 4 y que solo un 15'7% se clasifica correctamente con el locutor 1. Sin embargo, en la *tabla 26* vemos que la mayoría de los casos se clasifican correctamente porque se identifica un 62% de los casos del locutor 6 con el locutor 1, mientras que al locutor 4 le atribuye un 38%.

Resultados de clasificación^a

		Locutor	Pertenencia a grupos pronosticada				Total
			1	2	3	4	
Original	Recuento	1	33	9	1	9	52
		2	2	44	3	2	51
		3	2	4	44	2	52
		4	0	6	0	43	49
		Casos sin agrupar	31	0	0	19	50
%		1	63,5	17,3	1,9	17,3	100,0
		2	3,9	86,3	5,9	3,9	100,0
		3	3,8	7,7	84,6	3,8	100,0
		4	,0	12,2	,0	87,8	100,0
		Casos sin agrupar	62,0	,0	,0	38,0	100,0

a. 80,4% de casos agrupados originales clasificados correctamente.

Tabla 26. Clasificación de los resultados según el análisis discriminante, prescindiendo del locutor 5.

La comparación de estos resultados vuelve a aportar datos muy interesantes, y sorprendentes, para los objetivos de este trabajo porque podemos determinar que teniendo en cuenta los casos de los locutores 5 y 6 al mismo momento, la variable [n] no sería un segmento útil para la correcta identificación del hablante; lo mismo sucedería cuando nos fijamos en el locutor 5. Sin embargo, si nos fijamos en el locutor 6, (con unas condiciones de cansancio de nivel 2) podemos decir que la variable dependiente [n] sí nos sirve para identificar al locutor, aunque con unas probabilidades no muy elevadas (62%).

5.4. Resultados de la [s] entre vocales

En esta última variable se han tenido en cuenta los mismos locutores: 1, 2, 3 y 4. No obstante, a diferencia de los casos anteriores, los parámetros que han sido analizados para [s] son los siguientes: centro de gravedad, desviación estándar, curtosis o apuntamiento y punto de máxima intensidad del FFT.

De la misma manera que en las otras variables, en [s] también hemos realizado el análisis de varianza (ANOVA) para cada uno de sus parámetros. El objetivo de este análisis es determinar entre qué grupos de datos (o locutores) se dan diferencias significativas o, es más, detectar si en algún parámetro se dan diferencias significativas entre los locutores 1, 5 y 6 respecto a los demás locutores (2, 3 y 4). A diferencia de los análisis de varianza realizados en las demás variables, en [s] no se mostrarán tablas de subconjunto ni sus respectivos gráficos de media a lo largo de los comentarios porque, en este caso, principalmente nos hemos centrado en unas tablas que muestran los resultados post-hoc en unas comparaciones múltiples⁶.

Por lo que respecta a los parámetros desviación estándar y máxima intensidad, apreciamos que no serían útiles para identificar al locutor (1-4) que corresponde a las muestras de voz de habla cansada (locutores 5 y 6) porque ambos parámetros encuentran diferencias significativas entre el locutor 1 y el 6, de manera que se sitúan en grupos diferentes: la desviación estándar halla un nivel de significación de 0'000 entre ambos locutores y la máxima intensidad un nivel de significación de 0'005.

⁶Todas estas tablas se muestran en el *apéndice 3*.

Identificación del hablante a partir del análisis acústico de una muestra de voz en condiciones de cansancio

Lidia Colls Palomero

En relación a los parámetros de la curtosis y de la asimetría, apreciamos claramente que tampoco serían parámetros útiles para analizar si quisiéramos encontrar qué locutor (1-4) corresponde a las muestras de habla dubitada (locutores 5 y 6), partiendo de la idea que sabemos de antemano que se trata del locutor 1. Decimos esto porque ambos parámetros nos identifican a todos los locutores (1-6) dentro de un mismo grupo, es decir, no encuentra diferencias significativas entre ellos; solamente en el caso de la curtosis, observamos que hay diferencias significativas entre los locutores 6 y 2, pero no es un hecho relevante. El último de los parámetros analizados de [s], el centro de gravedad, también sitúa a todos los locutores dentro de un mismo grupo, excepto al 2. Así pues, determinamos que este parámetro tampoco sería un parámetro útil para identificar a los locutores 5 y 6.

Una vez realizado el análisis de varianza (ANOVA) de cada uno de los parámetros de [s], podemos determinar que ninguno de ellos sería útil para la identificación del hablante en las condiciones que ya se han expuesto a lo largo del trabajo.

A continuación, realizaremos un análisis discriminante para ver si tomando todos los parámetros a la vez, se podría identificar correctamente al hablante.

En la *tabla 27* se puede ver que el análisis discriminante ha agrupado los resultados de los distintos parámetros analizados en 3 funciones distintas. Como bien sabemos, en cada una de las funciones se tienen en cuenta todos los parámetros pero, a la hora de diferenciar a los grupos, en unas funciones tienen más peso unos parámetros que otros. Si tomamos la función 1, vemos que la variable que tiene más peso, es decir, que permite diferenciar mejor a los locutores, es el centro de gravedad.

**Coefficientes de función discriminante canónica
estandarizados**

	Función		
	1	2	3
Centrogravedad	,832	-,147	-,570
DesvStan	,583	-,484	,855
Curtosis	-,075	-,141	-,206
Asimetría	,812	,802	,889
Máximaint	,386	,552	,399

Tabla 27. Agrupación de los resultados en 3 funciones distintas según el análisis discriminante

Identificación del hablante a partir del análisis acústico de una muestra de voz en condiciones de cansancio

Lidia Colls Palomero

La *tabla 28* muestra los resultados de la clasificación de cada una de las [s] analizadas según la función aplicada por el análisis discriminante. A continuación, pues, mediante el análisis de dicha tabla determinaremos si los resultados de los casos sin agrupar, es decir, de los locutores 5 y 6 (voz dubitada en nivel de cansancio 1 y en nivel de cansancio 2, respectivamente), se clasifican con el locutor 1 (el mismo individuo que representa a los locutores 5 y 6 pero, en este caso, en condiciones de habla normal).

Resultados de clasificación ^a							
		Locutor	Pertenencia a grupos pronosticada				Total
			1	2	3	4	
Original	Recuento	1	28	0	13	4	45
		2	1	38	5	1	45
		3	13	5	20	7	45
		4	7	12	7	19	45
		Casos sin agrupar	24	5	8	31	68
%		1	62,2	,0	28,9	8,9	100,0
		2	2,2	84,4	11,1	2,2	100,0
		3	28,9	11,1	44,4	15,6	100,0
		4	15,6	26,7	15,6	42,2	100,0
		Casos sin agrupar	35,3	7,4	11,8	45,6	100,0

a. 58,3% de casos agrupados originales clasificados correctamente.

Tabla 28. Clasificación de los resultados de [s] según el análisis discriminante

En el análisis discriminante de [s] sucede lo mismo que con los resultados de [n]. Así, un 45,6% de los casos sin agrupar se clasifica equívocamente al locutor 4 y solo un 35,3% se identifica al locutor 1. A su vez, determinamos que los casos sin agrupar no corresponden a los locutores 2 y 3 porque a dichos locutores solo se identifica un 7'4% y un 11'8% de los casos, respectivamente. Estos resultados se pueden ver representados en la *figura 18* donde se muestra que la mayoría de los casos sin agrupar (los de color naranja) se encuentran más concentrados (es decir, clasificados) alrededor del locutor 4 y, en segundo lugar, del 1.

Considerando que las voces de los locutores 1, 5 y 6 pertenecen a un mismo individuo pero que, cuando 5 y 6 se encuentran en unas condiciones de habla cansada, no se identifican con 1 (que se encuentra en condiciones de habla normal), podemos plantearnos cómo sería esta identificación si solo trabajáramos con voces en condiciones de habla normal. Para esta observación, atenderemos de nuevo a la *tabla 28*

Identificación del hablante a partir del análisis acústico de una muestra de voz en condiciones de cansancio

Lidia Colls Palomero

pero ahora, no tendremos en cuenta los casos sin agrupar. Dicho esto, observamos que de todos los casos analizados del locutor 1, un 62'2% de los casos se identifica correctamente con él y un 8'9% con el locutor 4.

El hecho de que en una situación de habla normal, solo el 8,9% de los casos del locutor 1 se clasifique erróneamente con el locutor 4, nos permite determinar que es cuando el locutor se encuentra en unas condiciones de cansancio, cuando la variable [s] entre vocales no sería un segmento útil con finalidades forenses ya que las características de sus parámetros varían demasiado respecto a cuando son realizadas en unas condiciones de habla normal. Sin embargo, hay indicios de que si tuviéramos otra grabación del locutor 1 en condiciones de habla normal y la comparásemos con la que ya tenemos, se identificaría correctamente ya que los resultados nos dicen que un 62'2% de los casos del locutor 1 se identifican correctamente con él cuando todas las voces se encuentran en la misma situación, en este caso, sin cansancio.

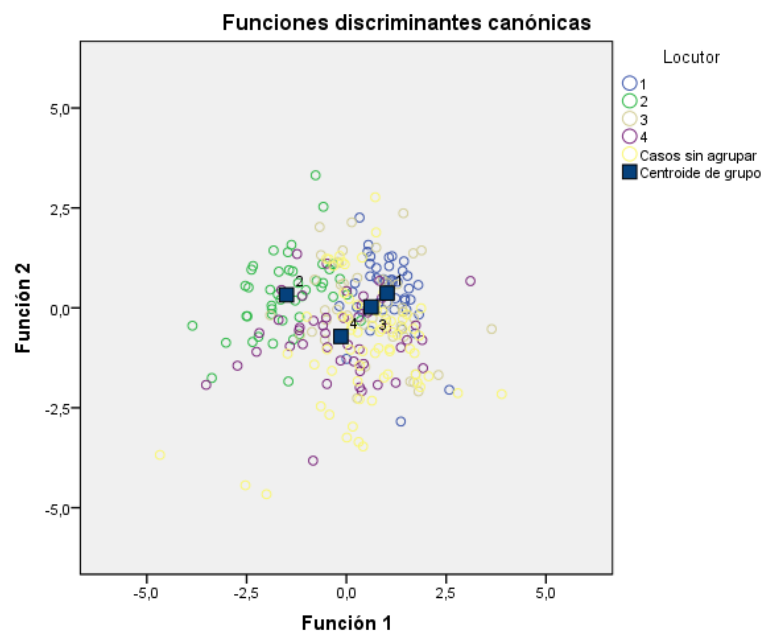


Figura 18. Diagrama de dispersión que representa los resultados de [s] obtenidos a partir del análisis discriminante

A continuación, se llevará a cabo la comparación entre la *tabla 29* y la *30*; la primera de ellas muestra, a partir del análisis estadístico, el número de casos del locutor 5 (o tanto por ciento) que se agruparía a cada locutor (1-4; la segunda muestra los mismos resultados que la anterior pero, en este caso, del locutor 6. El objetivo es ver si

Identificación del hablante a partir del análisis acústico de una muestra de voz en condiciones de cansancio

Lidia Colls Palomero

del total de los casos sin agrupar, uno de los dos locutores (5 o 6) agrupa correctamente más o menos casos al locutor 1 que el otro.

Si nos fijamos en la *tabla 29*, vemos que el 41'2% de los casos del locutor 5 se asemejan más al locutor 4 y un 35'3% se clasificaría correctamente con el locutor 1; algo parecido sucede con el locutor 6 porque si nos fijamos en la *tabla 30*, vemos que el 35'3% de los casos se identificarían correctamente con el locutor 1 y un 50% de los casos con el locutor 4. Paralelamente, se ve de manera muy clara que en ninguno de los dos análisis, el locutor 5 o el 6 se asemejarían a los locutores 2 y 3. Por todo esto, determinamos que la variable dependiente [s] no nos serviría para identificar al locutor correctamente ni cuando este se encuentra en unas condiciones de cansancio nivel 1 ni en unas condiciones de cansancio de nivel 2.

Resultados de clasificación ^a							
		Locutor	Pertenencia a grupos pronosticada				Total
			1	2	3	4	
Original	Recuento	1	28	0	13	4	45
		2	1	38	5	1	45
		3	13	5	20	7	45
		4	7	12	7	19	45
		Casos sin agrupar	12	4	4	14	34
%		1	62,2	,0	28,9	8,9	100,0
		2	2,2	84,4	11,1	2,2	100,0
		3	28,9	11,1	44,4	15,6	100,0
		4	15,6	26,7	15,6	42,2	100,0
		Casos sin agrupar	35,3	11,8	11,8	41,2	100,0

a. 58,3% de casos agrupados originales clasificados correctamente.

Tabla 29. Clasificación de los resultados de [s] según el análisis discriminante, prescindiendo del locutor 6

Resultados de clasificación ^a							
		Locutor	Pertenencia a grupos pronosticada				Total
			1	2	3	4	
Original	Recuento	1	28	0	13	4	45
		2	1	38	5	1	45
		3	13	5	20	7	45
		4	7	12	7	19	45
		Casos sin agrupar	12	1	4	17	34
%		1	62,2	,0	28,9	8,9	100,0
		2	2,2	84,4	11,1	2,2	100,0
		3	28,9	11,1	44,4	15,6	100,0
		4	15,6	26,7	15,6	42,2	100,0
		Casos sin agrupar	35,3	2,9	11,8	50,0	100,0

a. 58,3% de casos agrupados originales clasificados correctamente.

Tabla 30. Clasificación de los resultados de [s] según el análisis discriminante, prescindiendo del locutor 5

5.5. Resumen de los resultados

A continuación, expondremos un resumen de los distintos resultados que se han obtenido, además de sus correspondientes comentarios y observaciones.

Según los objetivos del análisis de varianza (ANOVA), y una vez realizados los diferentes análisis, podemos determinar que los parámetros que muestran diferencias significativas interlocutor son distintos en cada una de las variables, exceptuando la duración, parámetro que no muestra diferencias interlocutores en ninguna de las variables.

- Para la variable [a] solamente los parámetros F1 y F4 muestran diferencias significativas entre los locutores 1, 5 y 6, que se incluyen en un mismo grupo, respecto a los demás grupos, de modo que podrían ser variables útiles para la discriminación de locutores. En cambio, analizando el F2 y el F3 comprobamos que no se agrupan los locutores 1, 5 y 6; así, estos dos parámetros no serían útiles para identificar a los locutores 5 y 6 con el 1.
- En la variable [i] ocurre justamente lo contrario a la [a]: el F1 encuentra diferencias significativas entre el locutor 6 y los locutores 1 y 5, mientras que el F4 las encuentra entre el locutor 5 y el 1, y el 6, de manera que no los sitúa dentro de un mismo grupo; así pues, estos parámetros no serían útiles para la discriminación entre locutores. Sin embargo, el F2 y el F3 sí que muestran diferencias significativas entre los locutores 1, 5 y 6 y los demás grupos, de modo que sí que serían variables útiles para determinar que las muestras de voz dubitada (locutores 5 y 6) corresponden a la voz indubitada del locutor 1. Sin embargo, el F3, en una ocasión, agrupa a los locutores 5, 6 y 2).
- En la variable [n], el F3 es el único parámetro que sería útil para la identificación porque agrupa a los locutores 1, 5 y 6 (aunque en una ocasión también agrupa al locutor 5 con el 4). El F1 y el F2 nos agrupan erróneamente a los locutores 4, 5 y 6; de este modo, identificaría que las muestras de habla dubitada (locutores 5 y 6) corresponden al locutor 4 y no al locutor 1.
- Ninguno de los parámetros analizados de [s] consideran que los locutores 1, 5 y 6 pertenecen a un mismo grupo y se diferencian de los demás locutores; de este

modo, determinamos que ninguno de estos serían útiles para la discriminación entre locutores.

Una vez hemos visto de manera independiente qué parámetros muestran diferencias significativas interlocutor en cada una de las variables, hemos realizado el análisis discriminante para tener en cuenta los resultados de todos los parámetros a la vez (los distintos formantes y la duración, en el caso de las dos vocales y de [n] y el centro de gravedad, la desviación estándar, la curtosis, la asimetría y el punto de máxima intensidad de l'FFT, en el caso de [s]). Así pues, según los resultados obtenidos, determinamos que:⁷

- Las variables [a] e [i] sí que podrían ser variables útiles para la comparación entre muestras de habla indubitada y dubitada con la finalidad de identificar al hablante cuando la voz indubitada se encuentra en condiciones de habla normal y la dubitada en condiciones de cansancio.
- Las variables [n] y [s] no serían variables útiles para dichas comparaciones con la finalidad de identificar al hablante; además, los resultados relacionan erróneamente la voces dubitadas (locutor 5 y 6) con el locutor 4, en lugar de relacionarlo con el 1. Esta identificación errónea también se daba con el análisis de varianza (ANOVA) de la variable [n], cuando se analizaba el F1 y el F2.

El otro análisis discriminante que hemos tenido en cuenta en el trabajo ha sido observar el porcentaje de casos del locutor 1 que serían clasificados correctamente con él en unas condiciones de habla normal, es decir, sin tener en cuenta las muestras de habla dubitada en condiciones de cansancio (locutores 5 y 6). De este modo, sacamos las siguientes observaciones:

- El análisis de todas las variables ([a], [i], [n] y [s]), de manera independiente, puede ser útil para una discriminación entre locutores cuando estos se encuentran en unas condiciones de habla normal ya que del total de los casos analizados del locutor 1 (en todo momento tomamos a este locutor como

⁷ El comentario de estos resultados se encuentran explicados más extensamente en el apartado de conclusiones.

Identificación del hablante a partir del análisis acústico de una muestra de voz en condiciones de cansancio

Lidia Colls Palomero

ejemplo porque es el mismo individuo que los locutores 5 y 6), un considerable número han sido identificados correctamente con él. Así pues, tomando la variable [a], se ha clasificado correctamente un 64'9% de los casos al locutor 1 (solo un 10'8%, 13'5% y 10'8% se ha clasificado equivocadamente a los locutores 2, 3 y 4, respectivamente); analizando la variable [i], se ha clasificado correctamente un 86'8% de los casos (solamente un 5'3%, un 2'6% y un 5'3% se ha identificado a los locutores 2, 3 y 4, respectivamente); para la [n], un 63'5% ha sido clasificados correctamente (se ha clasificado equivocadamente a los locutores 2, 3 y 4, el 17'3%, el 1'9% y el 17'3%, respectivamente) y, finalmente, en la [s], se ha clasificado correctamente al locutor 1 un 62'2% de los casos y, erróneamente, se ha identificado a los locutores 3 y 4 un 28'9% y un 8'9% (ya que ninguno de los casos ha sido identificado con el locutor 2).

- Aunque las variantes [n] y [s] no sirvan para identificar a los locutores 5 y 6 con el locutor 1 cuando los primeros se encuentran en condiciones de cansancio y el segundo en unas condiciones de habla normal, son muy interesantes los indicios que se generan a partir de dicho análisis: los resultados de [n] demuestran que el análisis de esta variable sí que sería útil para identificar al hablante en una grabación respecto a otra cuando, en ambas, este mismo individuo se encuentra en unas condiciones de habla normal ya que, mediante el análisis, sabemos que un 63'5% de los casos del locutor 1 se identifican correctamente con él y solo un 17'3% se identifican con el 4 (mientras que en el análisis donde tomábamos los casos de los locutores 5 y 6, que se encontraban en unas condiciones de cansancio, la identificación de ellos se hacía erróneamente con el locutor 4 y no con el 1). En el caso de la variable [s], podríamos intuir que también sería útil para identificar correctamente al hablante cuando se encuentra en unas condiciones de habla normal porque analizando esta variable, el 62'2% de los casos del locutor 1 se identifican correctamente con él y solo un 8'95% se identifican con el 4 (esto mismo sucedía con [n], ya que la mayoría de los casos sin agrupar, en unas condiciones de cansancio, se identificaban con el locutor 4).

Recordemos que para el análisis discriminante de cada una de las variables ([a], [i], [n] y [s]) se ha tenido también en cuenta un análisis independiente para cada uno de los locutores que corresponden a los casos sin clasificar. Así pues, en un primer momento

Identificación del hablante a partir del análisis acústico de una muestra de voz en condiciones de cansancio

Lidia Colls Palomero

hemos interpretado el porcentaje de casos del locutor 5 (nivel de cansancio 1) que se agruparían con el locutor 1 y, en un segundo análisis, el porcentaje de casos del locutor 6 (nivel de cansancio 2) que se identificaría con el locutor 1.

Suponiendo que las características de las variables de un locutor se mantienen menos estables (respecto a unas condiciones normal) cuando el locutor se encuentra influenciado por unas condiciones de cansancio mayor y, considerando que cuanto más se modifican, más difícil es identificar al correspondiente locutor, el hecho más esperable sería que el locutor 5 tuviera un mayor número de casos (respecto al locutor 6) que se identificaran correctamente con el locutor 1 ya que la voz estaría condicionada por un nivel de cansancio menor que la voz del locutor 6.

Sin embargo, los análisis discriminantes realizados para cada uno de los locutores 5 y 6 aportan unos resultados totalmente opuestos a los planteados en la hipótesis anterior:

- El locutor 6 (nivel de cansancio 2) tiene un mayor número de casos que se identifican correctamente con el locutor 1 que el locutor 5 (nivel de cansancio 1).
- Las variables [a] e [i] del locutor 6 identifican, respectivamente, un 76'3% y un 81'1% de los casos con el locutor 1, mientras que estas mismas variables analizadas en el locutor 5, identifican un menor número de casos con el locutor 1: un 68'4% y un 57'9% (de [a] e [i] respectivamente). Los resultados comentados no eran esperados porque significa que estas variables permiten identificar a un locutor cuando se encuentra en un nivel 2 de cansancio respecto a su situación de habla normal, con más facilidad que cuando se encuentra en un nivel 1 de cansancio.
- Por lo que respecta a la variable [n], determinamos que únicamente analizando al locutor 5 no podríamos llegar a identificarlo con el locutor 1 ya que solamente se identifica correctamente un 15'7% de los casos y, además, identifica erróneamente con el locutor 4 un 72'5% de los casos. Sin embargo, analizando los casos del locutor 6, observamos que un 62% se agruparían con el locutor 1. De este modo, de nuevo, diagnosticamos que analizando los casos del locutor 6 sí que podríamos llegar a una correcta identificación.
- En relación a los resultados de la variante [s], determinamos que ni analizando al locutor 5 ni al 6 podríamos identificarlos correctamente con el locutor 1 porque

en ambos locutores solamente se hace una identificación de un 35'3% de los casos, mientras que al locutor 4 se identifica un 41'2% de los casos del locutor 5 y un 50% de los casos del locutor 6.

- Interpretando toda esta serie de análisis discriminantes determinamos que aunque, generalmente, hay una dualidad de correspondencia de los locutores 5 y 6 al locutor 1 o al locutor 4, aquello que demuestran los análisis es que las muestras de habla dubitada (locutores 5 y 6) no podrían corresponder a los locutores 2 y 3; especialmente, podemos observarlo en los análisis discriminantes donde únicamente se tiene en cuenta el locutor 6 (no se ve de una manera tan clara si solamente tomamos el locutor 5). Podemos demostrar la anterior afirmación con el porcentaje de los casos del locutor 6 que se clasifican a los locutores 2 y 3: un 5'3% y un 2'6%, respectivamente, en el caso de la [a]; un 50'4% y un 2'7% en el caso de la [i]; un 0% y un 0% teniendo en cuenta los casos analizados de [n] y un 2'9% y un 11'8% en el caso de [s].

6. Conclusiones

En lo que respecta a la hipótesis principal podemos determinar que queda confirmada en el caso de las variables [a] e [i] entre oclusivas sordas. Así, estas variables podrían ser útiles para la comparación entre muestras de habla indubitada y dubitada, con la finalidad de identificar al hablante cuando las grabaciones de voz de habla dubitada corresponden a emisiones en que el sujeto muestra cansancio y las indubitadas unas condiciones normales. Damos esta conclusión porque, según los resultados ya expuestos en el trabajo, el 72'4% de las [a] analizadas de los locutores 5 y 6 (muestras con cansancio del informante 1), y el 69'3% en el caso de las [i], se identifican con el locutor 1; estos datos son un indicio de que las presentes variables no varían demasiado en una situación de habla en condiciones de cansancio respecto a una situación de habla normal.

Es interesante observar que el porcentaje de los resultados nos descarta la posibilidad de que las voces de los locutores 5 y 6 correspondan a los locutores 2, 3 o 4: en el caso de la variable [a], solamente se identifica, respectivamente, a los locutores 2, 3 y 4 el 7'9%, 3'9% y 15'8% de los casos analizados de los locutores 5 y 6; por lo que

Identificación del hablante a partir del análisis acústico de una muestra de voz en condiciones de cansancio

Lidia Colls Palomero

respecta a la variable [i], solamente se identifica un 13'3%, un 4% y un 13'3% de los casos de los locutores 5 y 6 a los locutores 2, 3 y 4, respectivamente.

Sin embargo, la hipótesis no se confirma en el caso de las variables [n] y [s] intervocálicas. Así, estas variables no serían segmentos útiles para identificar al hablante cuando una de las voces a comparar se encuentra en unas condiciones de habla normal y la otra en unas condiciones de cansancio porque dichas variables varían demasiado en una condición respecto a la otra. Además, varían de tal manera que los casos sin clasificar (locutores 5 y 6) se identifican erróneamente con el locutor 4 y no con el 1; para dicha afirmación nos apoyamos en los resultados obtenidos: un 55'4% de las [n] analizadas de los casos sin clasificar se identifican con el locutor 4 (solo un 38'6% se identifican correctamente con el 1); respecto a las [s], un 45'6% son los casos sin clasificar que se identifican con el locutor 4 (solo un 35'3% con el locutor 1).

Como hemos comentado, con los resultados de las variables [a] e [i], observábamos una probabilidad mínima de que los casos sin clasificar (locutores 5 y 6) correspondieran a otro locutor que no fuera el 1. Con las variables [n] y [s], ocurre algo semejante: en el caso de [n], el 5'9% de los casos sin clasificar se identifican con el locutor 2 y el 0% con el locutor 3; estos resultados indican que las voces de los locutores 5 y 6 no se clasifican con estos locutores. En el caso de [s], el 7'4% de los casos sin clasificar se identifican con el locutor 2 y el 11'8% con el locutor 3, de manera que también descarta la posible identificación con estos locutores.

Para terminar, es interesante quedarse con la idea de que si tuviéramos a 4 sospechosos (locutores 1-4) y analizáramos los parámetros ya expuestos de las variables [a], [i], [n] y [s] en sus respectivos contextos, podríamos descartar indudablemente que los locutores 2 y 3 fueran los culpables. Así pues, de tener a 4 sospechosos pasaríamos a tener solamente 2 (locutores 1 y 4), de manera que nos iríamos acercando al culpable. Como ya exponíamos en el principio del trabajo, la identificación del locutor es solamente una de las pericias que la fonética forense puede realizar para contribuir a la resolución de una investigación policial o para fundamentar el veredicto en un proceso judicial. De este modo, para acabar de dar con la correcta identificación del culpable, podríamos acudir a otro tipo de pericias según las pruebas que tenga la policía.

7. Referencias bibliográficas

- Blecua, B., Cicres, J. y J. Gil (2014). Variación en las róticas del español y su implicación en la identificación del locutor. *Revista de Filología Románica*, vol. 31 (número especial), pp. 13-35. Recuperado de http://dx.doi.org/10.5209/rev_RFRM.2014.v31.n1.51021
- Cicres, J. (2011). Los sonidos fricativos sordos y sus implicaciones forenses. *Scientific Electronic Library Online*, Estudios filológicos (48), pp. 33-48. Recuperado de http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0071-17132011000200003
- Cicres, J., y Gavaldà, N. (2014). La lingüística forense: la llengua com a evidencia. *Revista de Llengua i Dret*, (núm. 61), pp. 1-12.
- Delgado Romero, C. (2005). “Comentarios sobre el contexto actual de la identificación forense de locutores” en M. Teresa Turell (ed.), *Lingüística forense, lengua y derecho: Conceptos, métodos y aplicaciones*, pp. 113-129. Barcelona: Sèrie Monografies (Institut universitari de lingüística aplicada. Universitat Pompeu Fabra).
- Gil Fernández, Juana (2014). “Más allá del 'efecto CSI': Avances y metas en Fonética Judicial” en Congosto, Y., Montero M.L. y A. Salvador (eds.), *Fonética experimental educación superior e investigación: I. Fonética y Fonología*, pp. 63-107. Madrid: Arco Libros – La Muralla, S.L.
- González Rodríguez, J., Lucena Molina J. J. (2005). “IDENTIVOX: un sistema automático de reconocimiento de locutores por la voz para acústica forense” en M. Teresa Turell (ed.), *Lingüística forense, lengua y derecho: Conceptos, métodos y aplicaciones*, pp. 131-143. Barcelona: Sèrie Monografies (Institut universitari de lingüística aplicada. Universitat Pompeu Fabra).
- Llisterri, J. (1991). *Introducción a la fonética: El método experimental*. Barcelona: Anthropos.

Identificación del hablante a partir del análisis acústico de una muestra de voz en condiciones de cansancio

Lidia Colls Palomero

Pardo, A., Ruiz, M.A. (2002). *SPSS 11: Guía para el análisis de datos*. Madrid: McGraw-Hill.

Pérez González, L. (2005). “Perspectivas de desarrollo del peritaje lingüístico en España” en M. Teresa Turell (ed.), *Lingüística forense, lengua y derecho: Conceptos, métodos y aplicaciones*, pp. 67-83. Barcelona: Sèrie Monografies (Institut universitari de lingüística aplicada. Universitat Pompeu Fabra).

Rose, P. (2002). *Forensic Speaker Identification*. London: Taylor & Francis.

RECURSOS ELECTRÓNICOS

Lucena Molina J. J. (2005) *La acústica forense* [versión PDF]. Madrid: Instituto universitario de investigación sobre seguridad interior.

< http://www.iuisi.es/15_documentos.htm > [Consulta: Enero del 2016]

8. Apéndices

8.1. APÉNDICE I. Corpus leído por los informantes

Oye **Paco**, soy **Anacleto**; lo siento, pero no tengo la misma **anatomía** que tu entrenadora. De acuerdo que eres un **inexperto** en esto pero es que eres un **cateto** y un **inepto**, ¡Esto es **inaudito**! Estás **desatendiendo** en el **pacto** que hicimos. Ya que este mes de **enero** estás **inactivo**, podrías ponerle un poco más de **ganás** y de **energía**. Empieza por ponerte aquellos **zapatitos**, **taparte** los **tatuajes**, **quitarte esa manía** de llevar el **anillo** de tu **tatarabuelo** y meterte un poco más en el **papel** del **típico** personaje **pícaro** y **animoso**, ¡que no será porque no tienes el **físico**!; ¡a ver si aún tendré que domesticarte como a un **animal** y, si no lo consigo, temo que **terminaré** tirándome por la **ventana**; aunque esto sería una **catástrofe**... A ver, tengo una **táctica**... Yo estoy **cerquita** del **cine** y del **instituto**, en mi **casa** de **Granada**, aquella que **inauguramos** hace dos **meses**, que **tiene** una chimenea de color **turquesa**, un **pasillo** interminable, cuatro **aseos** y una **extraordinaria** **cocina**. Estoy acabando de **cocinar** los **pimientos** **piquillo** **asados**, con un poco de **eneldo**, **sésamo** y salsa **picante**. Bien, no creo que te **interese demasiado**. **Recapitulemos**: en un **panel** informativo he leído que **mañana** hay una **inauguración épica**: la del **hospital Ana Marinero**, te **aseguro** que **asistirán** muchas personas, las cuales habían **desaparecido**, como aquellos **mosquitos** que te **pican** y **desaparecen automáticamente**, los muy **capullos**; siempre nos quedará el **enigma** de **quiénes** fueron... Antes de que **amanezca** y empiece la **misa**, a ver si eres **capaz** de **pasearte cerquita** de la **catedral**, eso sí, **pasando desapercibido**, no vayas llamando la atención como si fueras el **capitán** de tu **equipo**, el **entrenador** o tu **papá**; mejor **aseméjate** a un **maniquí**. **Cerquita** de la **mesa** donde está el **pesebre**, verás a **Marina**; sé que eres muy **enamorado**, pero te advierto que no **malgastes energías** en conquistarla, es **inalcanzable** para un **pesado enano** como tú. **Limitate** a explicarle el **asalto** a la **masía** de tal **manera** que no le **salpique demasiado**. **Catalina** es una **chica mítica** que, con su **destacable picardía**, puede **acapararlo todo**. Ahora estará **caminado** por la **capital catalana** **pisando fuerte** con sus **tacones** y sus **pantalones pitillo**. **Asiste** sin **titubear** a las **interminables asambleas** sobre **física**, además de ir a la **asesoría** para **aniquilar** todo el **papeleo burocrático** y **revisar** aquel **artículo** de la **constitución** que te dije. Además, ha de ir a recoger el **título** cerca de la **capilla**, al presente **catedrático**.

Identificación del hablante a partir del análisis acústico de una muestra de voz en condiciones de cansancio

Lidia Colls Palomero

Este es un **tacaño** de **pacotilla** que **catalogaba** a sus alumnos por las **características** de la **tipografía** en sus trabajos **pictóricos**, de ahí a que **generara** tantas **enemistades**. Sin embargo, en un par de **meses** ya estará **inactivo** y toda esta **tapadera** que **empapela** su vida, se acabará. Sí, porque si no fuera por este trabajo, se hubiese **pasado** la vida **escapando** por **patas** de los **caporales** de policía, lo que **pasa** es que es un **pipiolo**; es **idéntico** a su **tito** y, **asimismo**, **tiene** la **capacidad** de saber **picotear** por todos lados. Bueno, te dejo que tengo que **empaquetar** el bocata y **mañana**, automáticamente, ya acabamos de **pactar** qué hacemos.

8.2. APÉNDICE II: Cuadro de palabras aisladas utilizadas en el corpus

8.2.1. [a] entre oclusivas sordas [p, t, k]

Nº PALABRA	PALABRA	CONTEXTO
1	Paco	Pac
2	Cateto	Cat
3	Pacto	Pac
4	Zapatitos	Pat
5	Taparte	Tap
6	Tatuajes	Tat
7	Tatarabuelo	Tat
8	Papel	Pap
9	Catástrofe	Cat
10	Táctica	Tac
11	Recapitulemos	Cap
12	Capullos	Cap
13	Capaz	Cap
14	Catedral	Cat
15	Capitán	Cap
16	Papá	Pap
17	Limítate	Tat
18	Catalina	Cat
19	Destacable	Tac
20	Acapararlo	Cap
21	Capital	Cap
22	Catalana	Cat
23	Tacones	Tac
24	Papeleo	Pap
25	Capilla	Cap
26	Tacaño	Tac
27	Pacotilla	Pac
28	Catalogaba	Cat
29	Tapadera	Tap
30	Empapela	Pap
31	Escapando	Cap
32	Patas	Pat
33	Caporales	Cap
34	Capacidad	Cap
35	Empaquetar	Paq
36	Bocata	Cat
37	Pactar	Pac

Identificación del hablante a partir del análisis acústico de una muestra de voz en condiciones de cansancio

Lidia Colls Palomero

8.2.2. [i] entre oclusivas sordas [p, t, k]

Nº PALABRA	PALABRA	CONTEXTO
1	Zapatitos	Tit
2	Quitarte	Quit
3	Típico	Típ
4	Típico	Pic
5	Pícaro	Píc
6	Domesticarte	Tic
7	Táctica	Tic
8	Cerquita	Quit
9	Instituto	Tit
10	Piquillo	Piq
11	Picante	Pic
12	Recapitulemos	Pit
13	Épica	Pic
14	Hospital	Pit
15	Mosquitos	Quit
16	Pican	Pic
17	Cerquita (x2)	Quit
18	Equipo	Quip
19	Mítica	Tic
20	Picardía	Pic
21	Salpique	Piq
22	Automáticamente	Tic
23	Capital	Pit
24	Artículo	Tíc
25	Burocrático	Tic
26	Título	Tít
27	Pitillo	Pit
28	Titubear	Tit
29	Constitución	Tit
30	Catedrático	Tic
31	Características	Tic
32	Tipografía	Tip
33	Pictóricos	Pic
34	Idéntico	Tic
35	Tito	Tit
36	Picotear	Pic
37	Automáticamente	Tic
38	Pipiolo	Pip

Identificación del hablante a partir del análisis acústico de una muestra de voz en condiciones de cansancio

Lidia Colls Palomero

8.2.3. [n] intervocálica

Nº PALABRA	PALABRA	CONTEXTO
1	Anacleto	Ana
2	Anatomía	Ana
3	Entrenadora	Ena
4	Inepto	Ine
5	Inexperto	Ine
6	Inaudito	Ina
7	Inactivo	Ina
8	Ganas	Ana
9	Energía	Ene
10	Anillo	Ani
11	Manía	Aní
12	Terminaré	Ina
13	Ventana	Ana
14	Cine	Ine
15	Granada	Ana
16	Tiene	Ene
17	Chimenea	Ene
18	Extraordinaria	Ina
19	Cocina	Ina
20	Cocinar	Ina
21	Inauguramos	Ina
22	Interminable	Ina
23	Eneldo	Ene
24	Animal	Ani
25	Animoso	Ani
26	Enero	Ene
27	Panel	Ane
28	Mañana	Ana
29	Inauguración	Ina
30	Ana	Ana
31	Marinero	Ine
32	Enigma	Eni
33	Quiénes	Éne
34	Amanezca	Ane
35	Entrenador	Ena
36	Maniquí	Ani
37	Enamoradizo	Ena
38	Marina	Ina
39	Inalcanzable	Ina
40	Enano	Ena
41	Energías	Ene
42	Manera	Ane
43	Catalina	Ina
44	Caminado	Ina

Identificación del hablante a partir del análisis acústico de una muestra de voz en condiciones de cansancio

Lidia Colls Palomero

45	Catalana	Ana
46	Interminable	Ina
47	Aniquilar	Ani
48	Generara	Ene
49	Inactivo	Ina
50	Enemistades	Ene
51	Tiene	Ene
52	Mañana	Ana

Identificación del hablante a partir del análisis acústico de una muestra de voz en condiciones de cansancio

Lidia Colls Palomero

8.2.4. [s] intervocálica

Nº PALABRA	PALABRA	CONTEXTO
1	Desatendiendo	Esa
2	Esa	Esa
3	Físico	Ísi
4	Casa	Asa
5	Meses	Ese
6	Turquesa	Esa
7	Pasillo	Asi
8	Aseos	Ase
9	Asados	Asa
10	Sésamo	Ésa
11	Interese	Ese
12	Demasiado	Asi
13	Aseguro	Ase
14	Asistirán	Asi
15	Desaparecido	Esa
16	Desaparecen	Esa
17	Misa	Isa
18	Pasearte	Ase
19	Pasando	Asa
20	Desapercibido	Esa
21	Aseméjate	Ase
22	Mesa	Esa
23	Pesebre	Ese
24	Pesado	Esa
25	Asalto	Asa
26	Masia	Así
27	Demasiado	Asi
28	Pisando	Isa
29	Asiste	Asi
30	Asambleas	Asa
31	Física	Ísi
32	Asesoría	Ase
33	Revisar	Isa
34	Meses	Ese
35	Pasado	Asa
36	Asimismo	Asi
37	Pasa	Asa

Identificación del hablante a partir del análisis acústico de una muestra de voz en condiciones de cansancio

Lidia Colls Palomero

8.3. APÉNDICES III: Tablas que muestran los resultados del análisis de varianza (ANOVA) de la variable [s] (Post-hoc)

Comparaciones múltiples

Variable dependiente: DesvStan

Scheffé

(I) Locutor	(J) Locutor	Diferencia de medias (I-J)	Error típico	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
1	2	149,16244*	39,57361	,016	16,3891	281,9357
	3	32,81578	39,57361	,983	-99,9575	165,5891
	4	-75,25600	39,57361	,607	-208,0293	57,5173
	5	-120,14505	42,65449	,164	-263,2550	22,9649
	6	-239,76564*	42,65449	,000	-382,8756	-96,6557
2	1	-149,16244*	39,57361	,016	-281,9357	-16,3891
	3	-116,34667	39,57361	,129	-249,1200	16,4266
	4	-224,41844*	39,57361	,000	-357,1917	-91,6451
	5	-269,30750*	42,65449	,000	-412,4175	-126,1975
	6	-388,92808*	42,65449	,000	-532,0380	-245,8181
3	1	-32,81578	39,57361	,983	-165,5891	99,9575
	2	116,34667	39,57361	,129	-16,4266	249,1200
	4	-108,07178	39,57361	,193	-240,8451	24,7015
	5	-152,96083*	42,65449	,027	-296,0708	-9,8509
	6	-272,58142*	42,65449	,000	-415,6914	-129,4715
4	1	75,25600	39,57361	,607	-57,5173	208,0293
	2	224,41844*	39,57361	,000	91,6451	357,1917
	3	108,07178	39,57361	,193	-24,7015	240,8451
	5	-44,88905	42,65449	,953	-187,9990	98,2209
	6	-164,50964*	42,65449	,013	-307,6196	-21,3997
5	1	120,14505	42,65449	,164	-22,9649	263,2550
	2	269,30750*	42,65449	,000	126,1975	412,4175
	3	152,96083*	42,65449	,027	9,8509	296,0708
	4	44,88905	42,65449	,953	-98,2209	187,9990
	6	-119,62059	45,52735	,232	-272,3693	33,1281
6	1	239,76564*	42,65449	,000	96,6557	382,8756
	2	388,92808*	42,65449	,000	245,8181	532,0380
	3	272,58142*	42,65449	,000	129,4715	415,6914
	4	164,50964*	42,65449	,013	21,3997	307,6196
	5	119,62059	45,52735	,232	-33,1281	272,3693

*. La diferencia de medias es significativa al nivel 0.05.

Identificación del hablante a partir del análisis acústico de una muestra de voz en condiciones de cansancio

Lidia Colls Palomero

Comparaciones múltiples

Variable dependiente: Curtosis

Scheffé

(I) Locutor	(J) Locutor	Diferencia de medias (I-J)	Error típico	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
1	2	-,52356	,28995	,660	-1,4964	,4493
	3	,11156	,28995	1,000	-,8613	1,0844
	4	,77378	,28995	,216	-,1990	1,7466
	5	,25012	,31252	,986	-,7984	1,2987
	6	,93630	,31252	,114	-,1122	1,9848
2	1	,52356	,28995	,660	-,4493	1,4964
	3	,63511	,28995	,443	-,3377	1,6079
	4	1,29733*	,28995	,002	,3245	2,2701
	5	,77368	,31252	,298	-,2749	1,8222
	6	1,45986*	,31252	,001	,4113	2,5084
3	1	-,11156	,28995	1,000	-1,0844	,8613
	2	-,63511	,28995	,443	-1,6079	,3377
	4	,66222	,28995	,393	-,3106	1,6350
	5	,13857	,31252	,999	-,9100	1,1871
	6	,82475	,31252	,228	-,2238	1,8733
4	1	-,77378	,28995	,216	-1,7466	,1990
	2	-1,29733*	,28995	,002	-2,2701	-,3245
	3	-,66222	,28995	,393	-1,6350	,3106
	5	-,52365	,31252	,729	-1,5722	,5249
	6	,16252	,31252	,998	-,8860	1,2111
5	1	-,25012	,31252	,986	-1,2987	,7984
	2	-,77368	,31252	,298	-1,8222	,2749
	3	-,13857	,31252	,999	-1,1871	,9100
	4	,52365	,31252	,729	-,5249	1,5722
	6	,68618	,33357	,518	-,4330	1,8053
6	1	-,93630	,31252	,114	-1,9848	,1122
	2	-1,45986*	,31252	,001	-2,5084	-,4113
	3	-,82475	,31252	,228	-1,8733	,2238
	4	-,16252	,31252	,998	-1,2111	,8860
	5	-,68618	,33357	,518	-1,8053	,4330

*. La diferencia de medias es significativa al nivel 0.05.

Identificación del hablante a partir del análisis acústico de una muestra de voz en condiciones de cansancio

Lidia Colls Palomero

Comparaciones múltiples

Variable dependiente: Asimetría

Scheffé

(I) Locutor	(J) Locutor	Diferencia de medias (I-J)	Error típico	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
1	2	-,01778	,09765	1,000	-,3454	,3099
	3	,24620	,09765	,277	-,0814	,5738
	4	,37935*	,09765	,012	,0517	,7070
	5	,12837	,10526	,914	-,2248	,4815
	6	,26131	,10526	,294	-,0918	,6144
2	1	,01778	,09765	1,000	-,3099	,3454
	3	,26398	,09765	,203	-,0637	,5916
	4	,39713*	,09765	,007	,0695	,7248
	5	,14614	,10526	,858	-,2070	,4993
	6	,27908	,10526	,223	-,0741	,6322
3	1	-,24620	,09765	,277	-,5738	,0814
	2	-,26398	,09765	,203	-,5916	,0637
	4	,13315	,09765	,868	-,1945	,4608
	5	-,11783	,10526	,939	-,4710	,2353
	6	,01511	,10526	1,000	-,3380	,3682
4	1	-,37935*	,09765	,012	-,7070	-,0517
	2	-,39713*	,09765	,007	-,7248	-,0695
	3	-,13315	,09765	,868	-,4608	,1945
	5	-,25099	,10526	,341	-,6041	,1022
	6	-,11805	,10526	,939	-,4712	,2351
5	1	-,12837	,10526	,914	-,4815	,2248
	2	-,14614	,10526	,858	-,4993	,2070
	3	,11783	,10526	,939	-,2353	,4710
	4	,25099	,10526	,341	-,1022	,6041
	6	,13294	,11234	,924	-,2440	,5099
6	1	-,26131	,10526	,294	-,6144	,0918
	2	-,27908	,10526	,223	-,6322	,0741
	3	-,01511	,10526	1,000	-,3682	,3380
	4	,11805	,10526	,939	-,2351	,4712
	5	-,13294	,11234	,924	-,5099	,2440

*. La diferencia de medias es significativa al nivel 0.05.

Identificación del hablante a partir del análisis acústico de una muestra de voz en condiciones de cansancio

Lidia Colls Palomero

Comparaciones múltiples

Variable dependiente: Máximaint

Scheffé

(I) Locutor	(J) Locutor	Diferencia de medias (I-J)	Error típico	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
1	2	772,56889*	153,02917	,000	259,1411	1285,9966
	3	,65133	153,02917	1,000	-512,7764	514,0791
	4	414,28000	153,02917	,202	-99,1478	927,7078
	5	530,02439	164,94278	,070	-23,3747	1083,4235
	6	689,14704*	164,94278	,005	135,7480	1242,5461
2	1	-772,56889*	153,02917	,000	-1285,9966	-259,1411
	3	-771,91756*	153,02917	,000	-1285,3453	-258,4898
	4	-358,28889	153,02917	,363	-871,7166	155,1389
	5	-242,54450	164,94278	,826	-795,9436	310,8546
	6	-83,42185	164,94278	,998	-636,8209	469,9772
3	1	-,65133	153,02917	1,000	-514,0791	512,7764
	2	771,91756*	153,02917	,000	258,4898	1285,3453
	4	413,62867	153,02917	,203	-99,7991	927,0564
	5	529,37306	164,94278	,071	-24,0260	1082,7721
	6	688,49571*	164,94278	,005	135,0966	1241,8948
4	1	-414,28000	153,02917	,202	-927,7078	99,1478
	2	358,28889	153,02917	,363	-155,1389	871,7166
	3	-413,62867	153,02917	,203	-927,0564	99,7991
	5	115,74439	164,94278	,992	-437,6547	669,1435
	6	274,86704	164,94278	,734	-278,5320	828,2661
5	1	-530,02439	164,94278	,070	-1083,4235	23,3747
	2	242,54450	164,94278	,826	-310,8546	795,9436
	3	-529,37306	164,94278	,071	-1082,7721	24,0260
	4	-115,74439	164,94278	,992	-669,1435	437,6547
	6	159,12265	176,05202	,976	-431,5490	749,7943
6	1	-689,14704*	164,94278	,005	-1242,5461	-135,7480
	2	83,42185	164,94278	,998	-469,9772	636,8209
	3	-688,49571*	164,94278	,005	-1241,8948	-135,0966
	4	-274,86704	164,94278	,734	-828,2661	278,5320
	5	-159,12265	176,05202	,976	-749,7943	431,5490

*. La diferencia de medias es significativa al nivel 0.05.

Identificación del hablante a partir del análisis acústico de una muestra de voz en condiciones de cansancio

Lidia Colls Palomero

Comparaciones múltiples

Variable dependiente: Centrogravedad

Scheffé

(I) Locutor	(J) Locutor	Diferencia de medias (I-J)	Error típico	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
1	2	764,18578*	94,64033	,000	446,6583	1081,7133
	3	-69,75022	94,64033	,990	-387,2777	247,7773
	4	266,06578	94,64033	,166	-51,4617	583,5933
	5	279,47483	102,00825	,190	-62,7728	621,7225
	6	182,57424	102,00825	,669	-159,6734	524,8219
2	1	-764,18578*	94,64033	,000	-1081,7133	-446,6583
	3	-833,93600*	94,64033	,000	-1151,4635	-516,4085
	4	-498,12000*	94,64033	,000	-815,6475	-180,5925
	5	-484,71095*	102,00825	,001	-826,9586	-142,4633
	6	-581,61154*	102,00825	,000	-923,8592	-239,3639
3	1	69,75022	94,64033	,990	-247,7773	387,2777
	2	833,93600*	94,64033	,000	516,4085	1151,4635
	4	335,81600*	94,64033	,030	18,2885	653,3435
	5	349,22505*	102,00825	,042	6,9774	691,4727
	6	252,32446	102,00825	,299	-89,9232	594,5721
4	1	-266,06578	94,64033	,166	-583,5933	51,4617
	2	498,12000*	94,64033	,000	180,5925	815,6475
	3	-335,81600*	94,64033	,030	-653,3435	-18,2885
	5	13,40905	102,00825	1,000	-328,8386	355,6567
	6	-83,49154	102,00825	,984	-425,7392	258,7561
5	1	-279,47483	102,00825	,190	-621,7225	62,7728
	2	484,71095*	102,00825	,001	142,4633	826,9586
	3	-349,22505*	102,00825	,042	-691,4727	-6,9774
	4	-13,40905	102,00825	1,000	-355,6567	328,8386
	6	-96,90059	108,87872	,977	-462,1993	268,3981
6	1	-182,57424	102,00825	,669	-524,8219	159,6734
	2	581,61154*	102,00825	,000	239,3639	923,8592
	3	-252,32446	102,00825	,299	-594,5721	89,9232
	4	83,49154	102,00825	,984	-258,7561	425,7392
	5	96,90059	108,87872	,977	-268,3981	462,1993

*. La diferencia de medias es significativa al nivel 0.05.