Centro Universitario CIESE Fundación Comillas

UC UNIVERSIDAD DE CANTABRIA

Grado en Estudios Hispánicos
CIESE-Comillas – UC
Año académico 2015-2016

ANÁLISIS ACÚSTICO Y SONOGRÁFICO DE LA VOCAL /a/ PARA SU APLICACIÓN EN EL ÁMBITO DE LAS CIENCIAS FORENSES

Trabajo realizado por: Débora Sánchez López

Dirigido por: Dra. María García Antuña

A mi abuelo Paco, porque estaría orgulloso.

A Carlos, por los años compartidos y por todos los que quedan por compartir. Por su amor, apoyo y paciencia incondicionales.

A mis tíos Jose y Ana, porque la palabra “familia” adquiere significado gracias a ellos.

ÍNDICE

Resumen 4

Abstract 5

1. Introducción 6

2. Marco teórico 10

2.1. Aproximación a la Lingüística Forense 10

2.2. Fonética Forense: características acústicas y articulatorias de la vocal /a/ 13

3. Consideraciones metodológicas 24

3.1. Corpus 26

3.2. Análisis acústico de los datos 27

3.3. Metodología empleada en el análisis de los datos 28

4. Análisis cualitativo y cuantitativo de los datos 29

4.1. Prueba experimental I 30

4.1.1. *Verificación de la hipótesis general* 32

4.2. Prueba experimental II 33

4.2.1. *Verificación de la hipótesis general* 41

4.3. Prueba experimental III 42

4.3.1. *Verificación de la hipótesis general* 44

5. Conclusiones 47

6. Referencias bibliográficas 49

7. Anexos 52

ÍNDICE DE FIGURAS Y TABLAS

FIGURAS

Figura 1: *Tabla de frecuencia de la variable «Unidades»* 7

Figura 2: *Ramas de la Lingüística Aplicada*..... 10

Figura 3: *Áreas de trabajo de la Lingüística Forense*..... 11

Figura 4: *Triángulo articulatorio de las vocales españolas*..... 16

Figura 5: *Principales variaciones en la zona de articulación que presentan las vocales del español* 17

Figura 6: *Articulación de la vocal [a]* 17

Figura 7: *Espectrograma de la vocal /a/ realizado con el programa PRAAT*..... 20

Figura 8: *Triángulo acústico de las vocales españolas*..... 21

Figura 9: *Valores medios de F1 y F2 de todos los informantes* 31

Figura 10: *Campo de dispersión de la vocal /a/ (círculo verde) en una carta de formantes en la que se han representado las áreas de dispersión de las vocales del español*..... 33

Figura 11: *Espectrograma de la palabra "petaca" en la que se puede observar los rasgos característicos de las consonantes oclusivas*..... 34

Figura 12: *Punto de articulación de las consonantes oclusivas bilabiales /p/ y /b/*..... 35

Figura 13: *Punto de articulación de las consonantes oclusivas dentales /t/ y /d/* 36

Figura 14: *Punto de articulación de la consonante oclusiva velar /k/* 36

Figura 15: *Consonantes del Alfabeto Fonético Internacional*..... 37

Figura 16: *Comparativa de los valores medios de /a/, [pa] y [ba]* 38

Figura 17: *Comparativa de los valores medios de /a/, [ta] y [da]* 39

Figura 18: *Comparativa de los valores medios de /a/ y [ka]* 40

Figura 19: *Comparativa de los valores medios de los sonidos oclusivos y de la vocal /a/* 41

Figura 20: *Valores medios totales de las grabaciones microfónicas y telefónicas* 45

TABLAS

Tabla 1: *Rasgos distintivos de las vocales españolas*..... 23

Tabla 2: *Diseño del análisis acústico de la vocal /a/*..... 27

Tabla 3: *Valores medios totales de F1 y F2* 30

Tabla 4: *Valores medios de la vocal /a/ propuestos desde el ámbito académico*..... 31

Tabla 5: *Valores medios totales de los sonidos oclusivos* 38

Tabla 6: *Valores medios totales de las grabaciones microfónicas y telefónicas*..... 44

RESUMEN

La Identificación Forense de Locutores (I.F.L.) constituye un área de trabajo dentro de la Lingüística Forense que permite determinar quién ha realizado una muestra de habla anónima entre un número de muestras indubitadas, es decir, de las que ya se conoce su autor.

Dentro de este campo destacan las labores del Laboratorio de Acústica Forense de la Policía Científica y del Instituto Universitario de Investigación en Ciencias Policiales de la Universidad de Alcalá, quienes, a través de un proyecto denominado "Análisis comparativo de registros del habla en el entorno forense: una revisión del marco conceptual", pretenden cuantificar, clasificar y compatibilizar los parámetros incluidos en el análisis clásico de la metodología "combinada" con el objetivo de acreditar la validez de la Identificación Forense de Locutores como una prueba científica que puede resultar muy útil en el ámbito judicial.

En relación a este hecho, la finalidad principal de nuestro Trabajo Fin de Grado se centra en contribuir a la consecución del mencionado objetivo aportando un análisis descriptivo de la vocal /a/ a partir de las emisiones sonoras de 10 informantes reales extraídos de la base de datos LOCUPOL. Este análisis se completa mediante la realización de tres experimentos que permitirán establecer los parámetros acústicos de la vocal con respecto a los proporcionados desde el ámbito académico, en relación a la influencia del fenómeno coarticulatorio y conforme al tipo de grabación emitida.

PALABRAS CLAVE: *Ciencias Forenses*, *Lingüística Aplicada*, *Lingüística Forense*, *Identificación Forense de Locutores* (*I.F.L.*), *Fonética Acústica*, *Fonética Articulatoria*.

ABSTRACT

Forensic Speaker Identification (F.S.I.) is a field of Forensic Linguistics that seeks to compare a single utterance made by an unknown speaker with a known sample of speech to determine if they could be the same person.

The research projects of the Forensic Acoustics Laboratory of the Spanish Scientific Police and the Police Sciences University Research Institute (University of Alcalá) are notables in this area. Their latest project, which was entitled "Comparative analysis of speech registers in forensics: a review of the conceptual framework", discusses the methodological criteria included in the classical analysis to validate and demonstrate the reliability and the effectiveness of Forensic Speaker Identification in judicial spheres.

The main purpose of our final project is to make a descriptive analysis of the vowel /a/. Thus, we have used samples from the LOCUPOL database (10 real speakers). The project is complete with three analyses that establish the acoustic parameters of the abovementioned vowel.

KEYWORDS: *Forensic Sciences*, *Applied Linguistics*, *Forensic Linguistics*, *Forensic Speaker Identification (F.S.I.)*, *Acoustic Phonetics*, *Articulatory Phonetics*.

1. INTRODUCCIÓN

El presente Trabajo Fin de Grado (TFG) se integra dentro de la rama de la Lingüística Aplicada, concretamente en el ámbito del análisis lingüístico con aplicaciones en el entorno de las Ciencias Forenses.

Es importante señalar que el citado trabajo se ha realizado dentro de un proyecto más amplio elaborado por el Laboratorio de Acústica Forense de la Policía Científica en colaboración con el Instituto Universitario de Investigación en Ciencias Policiales de la Universidad de Alcalá, proyecto en el que participamos el pasado año bajo la supervisión de la Dra. María García Antuña (quien, por su parte, ha contribuido en este aspecto con un estudio acústico y sonográfico de las consonantes róticas /r/ y /ɾ/) aportando un análisis acústico de la vocal /e/. La finalidad de este proyecto está centrada en cuantificar y clasificar los parámetros acústicos de las vocales del español para poder acreditar la metodología del "Análisis combinado" frente a los "Sistemas de Reconocimiento Automático".

Por lo tanto, el objetivo principal de nuestro estudio es contribuir al mencionado proyecto mediante la aportación de un análisis de los parámetros acústicos de la vocal /a/.

Para ello, se ha realizado un análisis descriptivo de la vocal /a/ a partir de las emisiones sonoras de 10 informantes extraídos de la base de datos LOCUPOL. Así, se han analizado las frecuencias de los tres primeros formantes de 460 realizaciones de este fonema con ayuda del programa PRAAT para, posteriormente, medir y contrastar los datos obtenidos.

El porqué de la elección de este fonema frente a los 23 restantes que existen en el inventario del español se explica gracias a que la vocal /a/ es uno de los fonemas que aparece con más frecuencia en los informes periciales (véase Figura 1), por lo que la forma articulatoria y/o acústica en la que se realice puede ser determinante a la hora de identificar a un locutor. Tal y como señalan C. Delgado Romero, Mª. C. Márquez Funes, Mª. C. Olivas Fernández y L. Barrios Álvarez (2009: 35), "aquellos parámetros que más aparezcan en los estudios periciales de resultados más concluyentes, poseerán en principio un mayor poder individualizador".

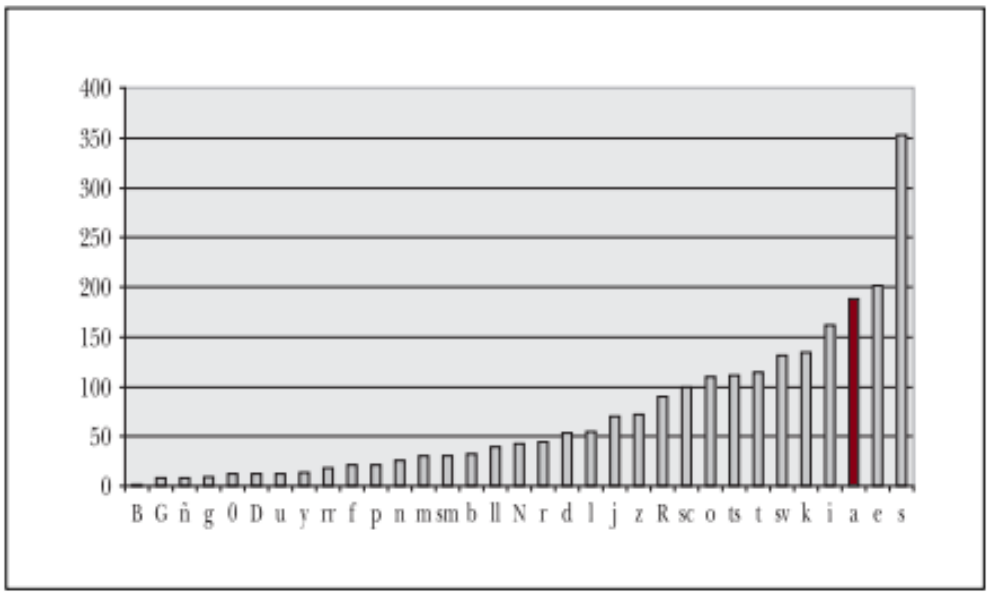


Figura 1
Tabla de frecuencia de la variable «Unidades»
Fuente: C. DELGADO ROMERO, Mª. C. MÁRQUEZ FUNES, Mª. C. OLIVAS FERNÁNDEZ Y L. BARRIOS ÁLVAREZ (2009: 39)

Para la consecución del objetivo principal se ha dividido el trabajo en tres apartados fundamentales: en el capítulo 2 (*Marco teórico*) se realiza una aproximación a la Lingüística Forense como disciplina perteneciente a la Lingüística Aplicada, haciendo especial mención a uno de los campos de investigación de los que se ocupa: la Identificación Forense de Locutores[1]. Junto a esto, se ofrece una revisión crítica -fundamentada en los estudios académicos ya existentes- sobre la vocal /a/ con especial interés a sus características articulatorias y acústicas.

En el capítulo 3 se ha expuesto la metodología empleada para la realización de los análisis. Esta metodología, que se puede clasificar como inductiva (a partir de una serie de experimentos se han extraído conclusiones generales), ha sido la misma que emplea la Policía Científica para la realización de sus estudios. Asimismo, el corpus empleado para realizar las mediciones proviene de LOCUPOL, base de datos perteneciente al Laboratorio de Acústica Forense de la Comisaría General de la Policía Científica. Para analizar los datos obtenidos se ha utilizado el programa gratuito PRAAT, mientras que para el estudio de los resultados, la hoja de cálculo EXCEL.

[1] No se debe confundir el concepto "Identificación de Locutores" con el de "Verificación de Locutores": el primero consiste en determinar a quién pertenece una muestra de habla anónima entre un número de muestras de las que ya se conoce la identidad del autor, mientras que el segundo es el proceso por el cual un hablante solicita que se acepte o rechace su identidad a través de la voz (C. DELGADO ROMERO, 2001: 175).

En el capítulo 4 se ha elaborado un análisis cualitativo y cuantitativo[2] de los datos obtenidos, para lo cual se han llevado a cabo tres pruebas experimentales:

1. Comparar los valores medios de la vocal /a/ propuestos desde el ámbito académico (Real Academia Española, E. Martínez Celdrán y A. Quilis y M. Esgueva) con los valores medios de la vocal de cada uno de los informantes analizados.
2. Analizar la vocal /a/ en tres contextos coarticulatorios distintos para verificar si el fenómeno de la coarticulación influye en la emisión de la vocal.
3. Comparar las tres grabaciones realizadas por cada informante (microfónica normal, microfónica rápida y telefónica normal) para determinar si existen diferencias entre ellas.

Estos tres experimentos han suscitado el planteamiento de tres hipótesis diferentes:

1. Los valores de la vocal /a/ extraídos en un laboratorio con unas condiciones acústicas óptimas y con un fin académico no se corresponden a los valores de las vocales emitidos por informantes en un contexto forense.
2. El contexto coarticulatorio en el que se encuentre la vocal influye sobre el valor de su segundo formante al estar este íntimamente relacionado con el punto de articulación.
3. El tipo de toma emitida (microfónica o telefónica) influye en los valores totales de la vocal.

Nuestro trabajo se completa, en primer lugar, con unas conclusiones generales extraídas del estudio y análisis realizados; en segundo lugar, con las referencias bibliográficas que se han utilizado y, por último, con una serie de anexos donde se incluye toda aquella información que complementa el trabajo.

Para finalizar, queremos dejar constancia de que este Trabajo Fin de Grado puede servir de ayuda para la elaboración de futuros estudios más completos que apoyen las

[2] El análisis cualitativo permite identificar los componentes que forman un determinado elemento, mientras que a través del cuantitativo se puede determinar la cantidad exacta de cada uno de esos elementos (REAL ACADEMIA ESPAÑOLA, 2014).

tareas de Identificación Forense de Locutores a través de metodologías combinadas, las cuales exigen una mayor presencia de expertos lingüistas.

2. MARCO TEÓRICO

El trabajo que estamos llevando a cabo se engloba dentro del marco teórico de la Lingüística Forense, la cual a su vez se inserta dentro de otra disciplina más general que recibe el nombre de Lingüística Aplicada. La Lingüística Aplicada, tomando la definición que propone el *Diccionario de términos clave de ELE* del Centro Virtual Cervantes (CENTRO VIRTUAL CERVANTES, [sitio web]), constituye una rama interdisciplinar de la Lingüística cuyo objetivo principal es resolver problemas en los que está implicado el uso de la lengua mediante la aplicación de los conocimientos lingüísticos. Además de la especialidad que nos atañe, la Lingüística Aplicada engloba otras áreas como la Logopedia, la Política y Planificación Lingüísticas, la Lexicografía, la Terminología y la Traducción.

Específicamente, nuestra investigación se centra en el campo de la Identificación de Locutores. Es por esto por lo que la Fonética Forense será la base teórica sobre la que se apoye nuestro estudio.

Figura 2
Ramas de la Lingüística Aplicada
Fuente: elaboración propia

2.1. APROXIMACIÓN A LA LINGÜÍSTICA FORENSE

Si quisiéramos proponer una definición sencilla y clara para explicar qué se entiende por Lingüística Forense, simplemente señalaríamos que se trata de una disciplina lingüística que sirve de unión entre lengua y derecho. Aún así, la conceptualización que estamos intentando realizar es bastante más compleja de lo que

aquí se ha señalado, y esto se debe principalmente, tal y como señala J. Gibbons[3], a que "there is no consensus among linguists and legal experts as to a definition of the term forensic linguistics"[4].

Entre todas las definiciones existentes acerca de este término hemos decidido tomar la propuesta por el Dr. J. Olsson[5] (Forensic Linguistics Institute, Gales) por ser, según nuestra consideración, la que más se aproxima al ámbito de aplicación del presente trabajo: [La Lingüística Forense es] "the study, analysis and measurement of language in the context of crime, judicial procedure, or disputes in law, including the preparation and giving of written and oral evidence"[6]. Sin embargo, esta definición bien podría ser completada con una apreciación proveniente del Diccionario Legal de Black[7]:

> [La Lingüística Forense] se lleva a cabo mediante la comparación de textos dubitados (de autoría desconocida) e indubitados (de autoría conocida), en un intento de descubrir idiosincrasias peculiares de autoría a fin de determinar si los autores pueden o no ser el mismo.

Una vez propuesta una definición válida para la disciplina que nos atañe, es necesario acotar las áreas de trabajo e investigación que le son propias. La Asociación Internacional de Lingüistas Forenses incluye entre esos ámbitos la detección del plagio, la atribución de la autoría de textos, el análisis de los discursos legales y judiciales, la comprensión e interpretación de documentos legales y la Identificación Forense de Locutores.

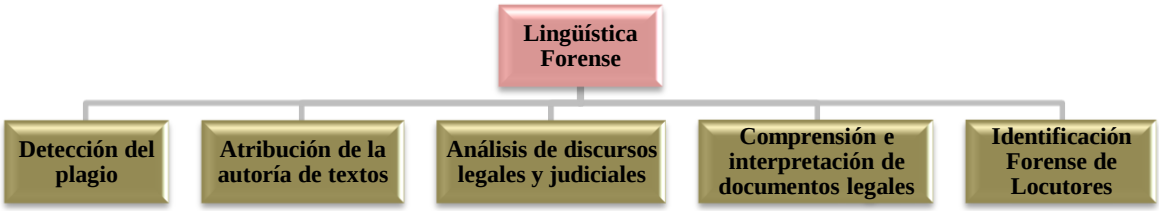


Figura 3
Áreas de trabajo de la Lingüística Forense
Fuente: elaboración propia

[3] J. GIBBONS ápud M. JIMÉNEZ BERNAL; M. REIGOSA RIVEIROS Y E. GARAYZÁBAL HEINZE (2014: 30).
[4] [No existe consenso entre lingüistas y expertos legales en cuanto a la definición del término Lingüística Forense].
[5] J. OLSSON ápud M. JIMÉNEZ BERNAL; M. REIGOSA RIVEIROS Y E. GARAYZÁBAL HEINZE (2014: 30).
[6] [El estudio, análisis y medida del lenguaje en el contexto del crimen, del procedimiento judicial, o del conflicto legal, incluyendo la preparación y entrega de testimonios escritos y orales].
[7] BLACK´S LAW DICTIONARY ápud M. JIMÉNEZ BERNAL; M. REIGOSA RIVEIROS Y E. GARAYZÁBAL HEINZE (2014: 30).

Dentro de este campo de estudio nuestra área de trabajo es la Identificación Forense de Locutores, la cual permite no solo comprobar la verdadera identidad de un hablante, sino también identificar al sujeto que ha realizado una muestra de habla anónima (en un contexto delictivo) entre un número determinado de muestras variadas. En ambos casos resulta de gran importancia la actuación de la Acústica Forense, disciplina que constituye un gran "conjunto de técnicas científicas de investigación judicial cuyo principal objeto de estudio son los registros sonoros y/o sus elementos afines (soportes y medios de grabación, transmisión, reproducción, almacenamiento, etc.)"(C. DELGADO ROMERO, 2001: 5). Si en el conjunto de esos registros sonoros que servirán de comparación se encuentra alguno perteneciente al sujeto que produjo la voz anónima, el especialista analizará un caso "cerrado". Por el contrario, si esas muestras son susceptibles, o no, de que aparezca una muestra del sujeto que produjo la emisión anónima, el caso será "abierto".

En cuanto a la metodología utilizada, los expertos poseen cinco formas de identificar a un locutor a través de su voz: mediante métodos de análisis "auditivo-espectrográficos", a través de procedimientos "auditivo-fonético/lingüísticos", con métodos "semiautomáticos", mediante sistemas "automáticos" por ordenador[8] y a través del análisis "combinado" (C. DELGADO ROMERO, 2001: 210-211). En nuestro estudio abogamos por la utilización del método "combinado" frente al "automático"[9] no solo por ser "la alternativa metodológica de mayor fiabilidad" (C. DELGADO ROMERO, 2001: 219) y la que permite una mayor intervención del experto lingüista, sino también porque en el proceso de Identificación de Locutores conjuga los cuatro métodos anteriormente citados sin decantarse por uno solo:

> En la actualidad, las metodologías forenses más practicadas por los laboratorios policiales son las denominadas "combinadas", las cuales sustentan sus fundamentos de estudio en tres perspectivas: acústica, fonético-lingüística y auditivo-perceptiva. Dichas

[8] Los métodos de análisis "auditivo-espectrográficos" están basados en la comparación de diversos espectrogramas o sonogramas de banda ancha; en los procedimientos "auditivo-fonético/lingüísticos" únicamente se toman en consideración los elementos perceptivo-auditivos, sin prestar atención a los índices acústicos de los sonogramas; los métodos "semiautomáticos" son aquellos en los que se combina el trabajo del lingüista (seleccionando los parámetros más idóneos para la Identificación de un locutor e interpretando los resultados obtenidos) y del ordenador (proporcionando valores representativos de dichos parámetros); y los sistemas "automáticos" son aquellos en los que tanto el análisis, como el muestreo de parámetros, la comparación y la toma de decisiones son llevadas a cabo por una fuente automática (ordenador), sin la intervención del experto (C. DELGADO ROMERO, 2001: 211-217).

[9] Actualmente, la fuente más empleada en el análisis automático es BATVOX, "herramienta biométrica [estadística] para el reconocimiento de locutores" (M. JIMÉNEZ BERNAL; M. REIGOSA RIVEIROS Y E. GARAYZÁBAL HEINZE, 2014: 37).

> técnicas, pueden complementarse o desarrollarse a través de sistemas semiautomáticos de cálculo o análisis (C. DELGADO ROMERO, 2005: 117).

Resulta de gran importancia no olvidar que durante todo el proceso de Identificación pueden surgir ciertos obstáculos (mala calidad de los registros de audio, existencia de variedades lingüísticas inter e intrapersonales, etc.) que dificulten el reconocimiento del sujeto, por lo que el especialista debe ser muy cuidadoso a la hora de verificar a un hablante al depender de este acto, en numerosas ocasiones, el veredicto de un juez.

2.2. FONÉTICA FORENSE: CARACTERÍSTICAS ARTICULATORIAS Y ACÚSTICAS DE LA VOCAL /a/

El lingüista forense es un especialista que se acerca a la voz humana desde el punto de vista de la Fonética Articulatoria y Acústica con el fin de determinar las distintas variantes que pueden permitir identificar a un individuo en una situación delictiva. Por lo tanto, nuestro trabajo se centrará en la descripción articulatoria y acústica de la vocal /a/ a partir del estudio de distintos contextos forenses. Antes de comenzar a realizar el mencionado estudio, partiremos de una revisión acerca del estado de la cuestión de dicha vocal.

Resulta imposible realizar la caracterización acústico-articulatoria de la vocal /a/ sin tomar en consideración en primer lugar la forma en la que se encuentran configurados los sonidos del español. La lengua española posee dos tipos de sonidos, los que se agrupan bajo la denominación de "vocales" y los que lo hacen bajo el nombre de "consonantes". La *Nueva gramática* de la Real Academia Española (2011: 25) considera que la diferencia entre ambos radica fundamentalmente en la presencia, o no, de un obstáculo en el momento en el que se produce la salida del aire:

> Durante la realización de las VOCALES, el aire sale libremente por el tracto vocal. En cambio, la articulación de las CONSONANTES se caracteriza por la presencia de un obstáculo en la región central del tracto vocal que impide o dificulta la salida del aire.

De forma más exhaustiva, A. Quilis (1999: 141) señala que en la actualidad se ha intentado justificar tal división desde puntos de vista muy variados: auditivo (las vocales son más audibles que las consonantes); fisioacústico (las vocales se caracterizan por la presencia de resonancia musical, mientras que en las consonantes predominan los ruidos); funcional (las vocales constituyen el núcleo de una sílaba) y fisiológico (las

vocales se caracterizan por poseer mayor abertura en los órganos articulatorios, mayor esfuerzo laríngeo, menor esfuerzo respiratorio y menor esfuerzo articulatorio; mientras que en el caso de las consonantes ocurre todo lo contrario).

A pesar de estas consideraciones, que en muchos casos no son completamente ciertas (por ejemplo, existen consonantes como la /l/ o la /s/ que son mucho más audibles que algunas vocales como la /i/) (A. QUILIS, 1999: 141), existen dos principios que establecen de manera inequívoca la distinción entre vocales y consonantes: el articulatorio y el acústico.

- Fundamento articulatorio: la energía articulatoria que se emplee para emitir un sonido puede ser determinante a la hora de establecer el límite entre una vocal y una consonante. Así, si dicha energía se refuerza "la consonante se cierra y la vocal se abre", mientras que si se produce un debilitamiento en la articulación "la consonante se abre y la vocal se cierra" (G. STRAKA ápud A. QUILIS, 1999: 142). Dicho de otro modo, cuando un hablante articula una palabra de forma correcta, las consonantes de dicha palabra se cierran y las vocales se abren. Por el contrario, si el hablante articula la misma palabra de manera relajada (es decir, sin aplicar la fuerza articulatoria necesaria que permite diferenciar una vocal de una consonante), provocará el efecto inverso: las consonantes se abrirán y las vocales se cerrarán.

  Estas diferencias articulatorias que crean la oposición entre vocal y consonante se producen gracias a la actuación de dos grupos musculares opuestos ubicados en la cavidad bucal: los músculos elevadores y los músculos depresores. Cuando un hablante emite una vocal se ponen en funcionamiento los músculos depresores, los cuales facilitan el descenso de la lengua y del maxilar inferior, provocando la abertura de los órganos articulatorios. Por el contrario, en la emisión de una consonante actúan los músculos elevadores -encargados de elevar la lengua y el maxilar inferior- con el consecuente cierre de los órganos articulatorios. En palabras del propio A. Quilis (1999: 143), "estas razones fisiológicas son suficientes para conservar, fundamentada, la clasificación tradicional entre vocal y consonante".
- Fundamento acústico: aspecto descubierto por P. Delattre, hace referencia al diferente comportamiento acústico que poseen ambas clases de sonidos. En un

espectrograma[10] el comportamiento de una vocal queda caracterizado por la presencia de estabilidad en la frecuencia[11] de sus componentes acústicos, mientras que el de una consonante se encuentra regido por la inestabilidad en las frecuencias de dichos componentes constitutivos. Por lo tanto, un sonido cuyos componentes aparezcan repetidos el mismo número de veces durante un periodo de tiempo determinado podrá ser identificado como vocálico, mientras que si la repetición de dichos componentes varía se identificará como consonántico.

Terminada esta somera -pero necesaria- distinción entre vocales y consonantes, procederemos a tratar de manera más profunda la cuestión de los fonemas vocálicos.

En español existen cinco vocales (/i/, /e/, /a/, /o/, /u/) que se mantienen en sílaba tónica *(piso-peso-paso-poso-puso),* en átona (*pisar-pesar-pasar-posar*; *lanar-lunar*), en posición inicial (*ira-era-ara-hora-hura*; *iba-Eva-haba-ova-uva*)y en posición final de palabra (*casi-case-casa-caso*; *ti-te-tu*)[12].

Atendiendo a su estructura articulatoria, dichos fonemas se pueden clasificar de dos maneras distintas, ya sea según el modo de articulación -distancia que presenta la lengua con respecto a la parte superior de la cavidad oral en el momento de emisión- o según el lugar de articulación -posición que ocupa la lengua en el momento de pronunciar la vocal-:

- Según el modo de articulación: el fonema /a/ está considerado como una vocal baja debido a que para su emisión es necesario que la lengua adquiera una posición lo más alejada posible del paladar. Por el contrario, en la realización de las vocales altas /i/ y /u/ y de las medias /e/ y /o/ la lengua se sitúa a la altura del paladar y en una posición intermedia, respectivamente. En el espectrograma, el paulatino descenso de la lengua en la cavidad bucal tiene como consecuencia un aumento en la frecuencia del F1, lo que explica el hecho de que el sonido [a] sea el que más hercios presenta en este formante.
- Según el lugar de articulación: se afirma que la vocal /a/ es central debido a que su producción requiere que la lengua se sitúe en el área del paladar medio. Si la posición se adelanta hacia el paladar duro surgen las vocales anteriores /i/ y /e/,

[10] El espectrograma –también denominado sonograma-constituye una representación que muestra cómo evoluciona la duración, frecuencia e intensidad de un sonido a lo largo del tiempo.
[11] La frecuencia hace referencia al "número de veces que se repite el mismo fenómeno tomando una unidad de tiempo" (E. MARTÍNEZ CELDRÁN, 1998: 12). La frecuencia de un sonido se mide en hercios (Hz).
[12] Los ejemplos han sido extraídos de A. Quilis (2008: 11).

mientras que si se retrae hacia el velo del paladar se producen las vocales posteriores /u/ y /o/. El progresivo retroceso de la lengua desde el paladar duro hasta la zona del velo provoca un descenso en la frecuencia del F2, lo que permite que la vocal /a/ presente el valor más intermedio en dicho formante.

La combinación de ambos elementos -modo y lugar de articulación- queda representada en el triángulo articulatorio, figura esquemática en el que se puede observar la altura y posición de la lengua dentro de la cavidad bucal en el momento de la realización de cada sonido vocálico:

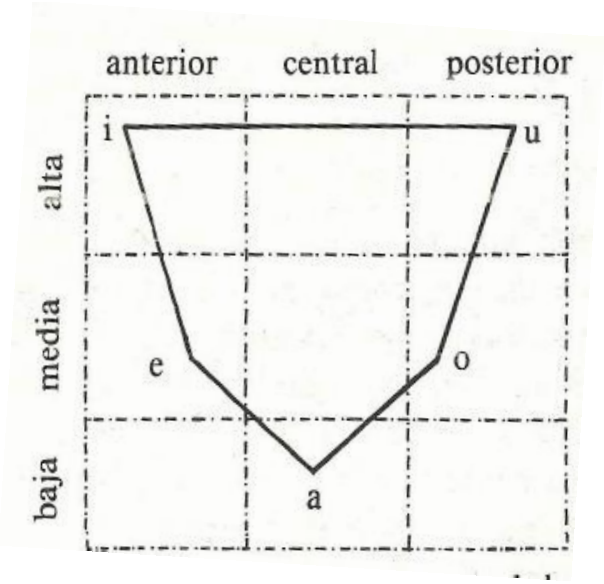


Figura 4
Triángulo articulatorio de las vocales españolas
Fuente: A. QUILIS (2008: 42)

A pesar de estas consideraciones, se debe tener en cuenta que las combinaciones que aparecen en el triángulo articulatorio no son las únicas que se pueden producir, puesto que la actuación de otros elementos como el contorno articulatorio, la acción de la glotis, el contexto o el tipo de discurso pueden favorecer la aparición de numerosas variantes fonéticas, tal y como se puede observar en la Figura 5.

De todos los elementos que intervienen en la variación vocálica (procesos relacionados con la sílaba y el contexto, acción de la glotis y articulación en la cavidad oral) nos centraremos especialmente en este último por ser el que más se relaciona con los procesos dialectales, sociales y estilísticos del conjunto vocálico. Junto a esto es importante conocer que, a causa de su posición central dentro del sistema vocálico, el

fonema /a/ es el que más sufre procesos de variación relacionados con el movimiento de la lengua en la cavidad bucal.

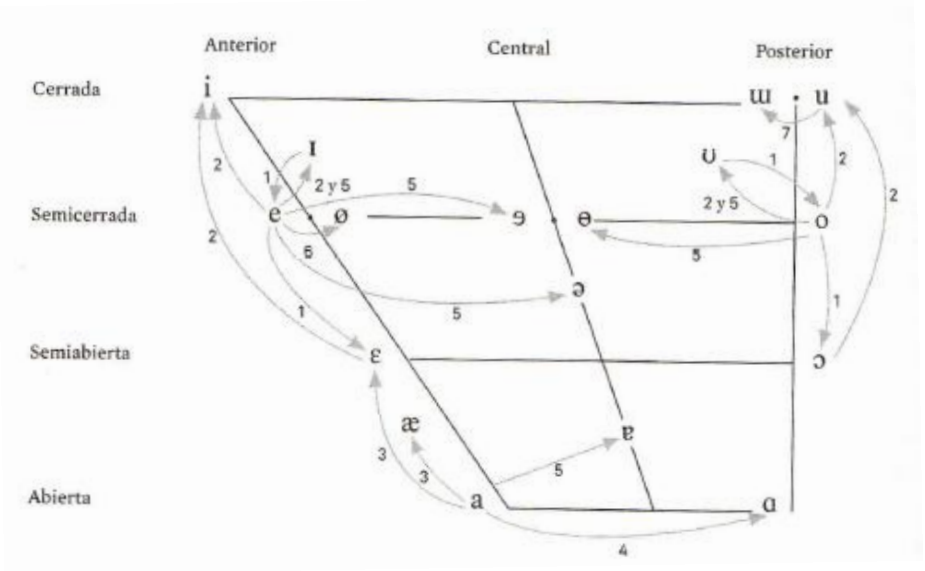


Figura 5
Principales variaciones en la zona de articulación que presentan las vocales del español
Fuente: REAL ACADEMIA ESPAÑOLA (2011: 92)

Atendiendo a la clasificación proporcionada por la *Nueva Gramática* de la Real Academia (REAL ACADEMIA ESPAÑOLA, 2011: 92-99), los desplazamientos articulatorios que se pueden producir se denominan "periféricos" si tienen lugar en los límites del espacio vocálico, y "no periféricos" si se producen en el interior de dicho espacio[13]. A continuación pasaremos a señalar estos procesos:

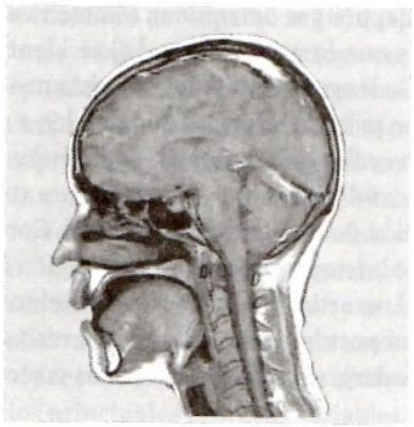


Figura 6
Articulación de la vocal [a]
Fuente: REAL ACADEMIA ESPAÑOLA (2011: 82)

[13] En la Figura 5 los procesos "periféricos" de la /a/ se indican con los números 3 y 4, mientras que el "no periférico" está señalado con el número 5.

1. Procesos periféricos:
   1.1. Palatalización: el contacto con un sonido palatal ([ʧ], [ʝ], [ɲ] e [λ]) provoca en la vocal /a/ un adelantamiento hacia la zona del paladar duro que ocasiona la aparición de la variante [æ]. Este fenómeno, muy unido a la variación sociolingüística, aparece habitualmente en Andalucía tras la pérdida de /r/ o /l/: [la'ßæ] ("lavar").

   La elisión de /s/ es uno de los procesos que más variación provoca en la pronunciación de la /a/. Así, en el oriente andaluz (Córdoba, Jaén, Granada y Almería) y en Murcia aparecen variantes que pueden alcanzar la palatalización y abertura plenas ([-as > æ ~ ɛ]) llegando incluso a influir en la abertura de las vocales precedentes. Este último suceso también es común en el centro peninsular, Puerto Rico, Uruguay, Paraguay y Argentina.

   1.2. Velarización: cuando la /a/ se posiciona junto a un sonido velar ([k], [g] y [x]) se produce un retraso de la lengua hacia el velo del paladar que provoca la aparición de la variante [ɑ]. Este proceso es habitual en Canarias, donde se produce debido a la persistencia de la aspiración del sonido [s].

   En un sonograma se puede observar la repercusión que ambos fenómenos tienen en el ámbito acústico: la palatalización provoca un aumento de los valores medios de las frecuencias, mientras que la velarización ocasiona que el F2 y el F3 converjan en el centro del espectro.

2. Procesos no periféricos:
   2.1. Centralización: propio de los ámbitos coloquiales, se produce debido a la relajación articulatoria en el momento de emitir un sonido. En el caso particular de la /a/, la centralización provoca que la vocal adquiera un timbre aún más central, originándose la variante [ɐ]. En el espectrograma, la centralización de la /a/ provoca que el F2 presente una realización más plana de lo habitual debido a la falta de energía de la emisión.

Desde el punto de vista de la estructura acústica, es importante conocer que cuando un hablante va a emitir un determinado sonido -entendido como "un movimiento de vibración longitudinal perceptible por el oído […] Ese movimiento de vibración es una onda sonora" (E. MARTÍNEZ CELDRÁN, 1998: 14)-, sus cuerdas vocales (denominadas "fuente de sonido") se deben poner en funcionamiento para poder producirlo. La puesta en marcha de las cuerdas vocales a través de sucesivos

movimientos de compresión y rarefacción[14] favorece la aparición de una onda compuesta o compleja, que constituye la suma de un conjunto de ondas simples (una onda simple surge cuando se completa una fase de compresión y una de rarefacción). Las ondas compuestas poseen frecuencias diferentes dependiendo de la vocal que se esté emitiendo, puesto que si las frecuencias fuesen iguales, los sonidos emitidos serían los mismos. Aún así, "lo que diferencia una vocal de otra u otras, aunque la frecuencia de sus componentes sea igual, es la distinta estructuración de sus armónicos[15]" (A. QUILIS, 1999: 153). De todos los armónicos que conforman una vocal, en el momento de producción de dicho sonido deben ser reforzados o resaltados obligatoriamente aquellos que compartan la misma frecuencia fundamental con las cavidades supraglóticas (es decir, con los órganos de articulación, los cuales se encuentran configurados de manera diferente dependiendo del tipo de vocal que se vaya a producir), puesto que:

> Cuando la vibración es compleja y se transmite a una cavidad, ésta tiene unas propiedades vibratorias propias, de modo que dará amplitud a las frecuencias que coincidan con esas propiedades y atenuará las que no coincidan, modificando de esta manera la onda producida por la fuente del sonido (E. MARTÍNEZ CELDRÁN, 1998: 19).

Si este fenómeno –conocido como resonancia- no se produjese, los sonidos vocálicos emitidos serían completamente iguales.

El conjunto de armónicos reforzados de una vocal se denomina formante[16]. De todos los formantes constitutivos solo los dos primeros, denominados F1 y F2, son los que poseen las características que determinan la diferenciación de un sonido vocálico frente a otro (el tercer formante solo es determinante en las lenguas que diferencian fonológicamente las vocales anteriores y posteriores redondeadas frente a las no redondeadas, hecho que no ocurre en el español). Esto se produce debido a la estrecha interrelación que existe entre la ubicación de los formantes en el espectrograma y la

---

14 La fase de compresión es el "tiempo durante el cual la presión soportada es máxima", mientras que la fase de rarefacción constituye el "tiempo en el cual la presión es mínima" (REAL ACADEMIA ESPAÑOLA, 2011: 32).

15 Los armónicos se conciben como la totalidad de elementos que conforman un determinado sonido. El conjunto de armónicos que perciben los hablantes recibe la denominación de "timbre".

16 A. Quilis (1999: 154) lo define como el "conjunto de frecuencias características del timbre de una vocal", E. Martínez Celdrán (1998: 29) señala que son "resonancias del tracto vocal que producen unas amplificaciones en el espectro", para J. Gil (1988: 148) constituye una "zona de la escala de frecuencias en la que un sonido presenta una mayor concentración de energía", y la *Nueva gramática de la lengua española* de la Real Academia (2011: 35) lo define como "cada una de las zonas espectrales en las que, tras el proceso de filtrado, se concentra la energía".

posición de los órganos articulatorios en el momento de emisión, interrelación que queda establecida de la siguiente manera:

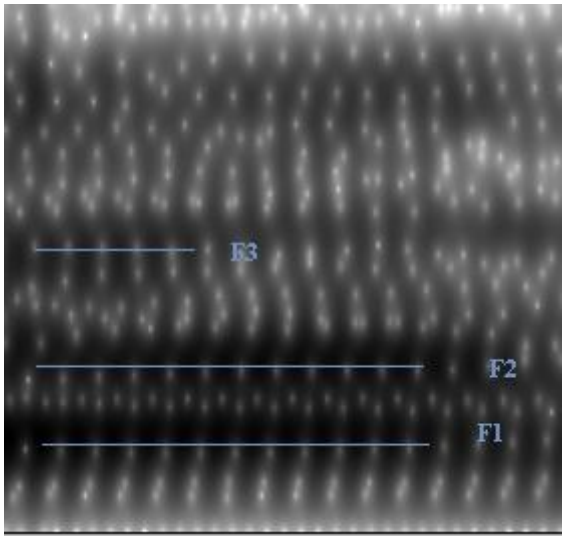


Figura 7
Espectrograma de la vocal /a/ realizado con el programa PRAAT
Fuente: elaboración propia

- La altura que posee el F1 en el espectrograma es directamente proporcional a la abertura de la cavidad oral: cuanto más abierta sea una vocal, más alta será la frecuencia del F1.
- La altura que posee el F2 en el espectrograma es directamente proporcional a la posición de la lengua en la cavidad oral: cuanto más adelantada se encuentre la lengua en el momento de emitir una vocal, más alta será la frecuencia del F2.
- La altura que posee el F2 en el espectrograma es inversamente proporcional al redondeamiento de los labios: cuanto mayor sea el redondeamiento de los labios en el momento de emitir un sonido vocálico, más baja será la frecuencia del F2.

Del mismo modo que desde el punto de vista fisiológico se puede representar la estructura articulatoria de las vocales a través del ya mostrado triángulo articulatorio, desde el punto de vista auditivo también se puede realizar la esquematización de la estructura acústica de los sonidos vocálicos utilizando en una carta de formantes lo que se conoce como triángulo acústico:

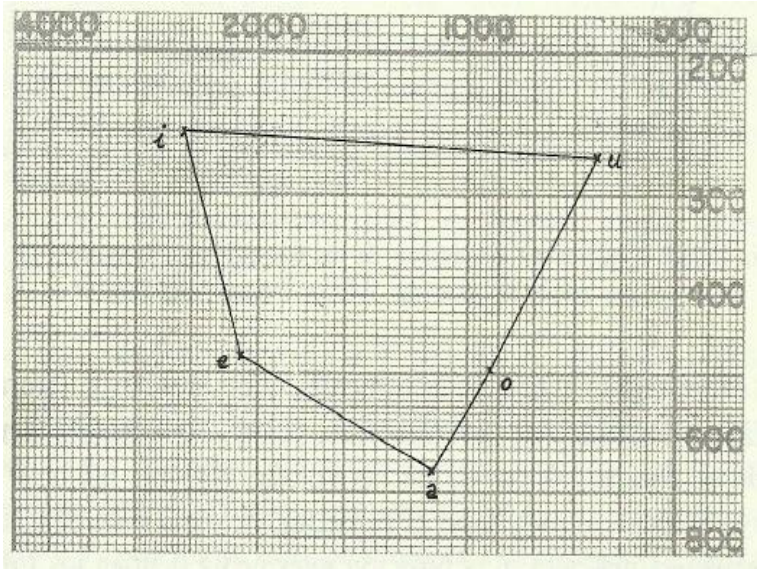


Figura 8
Triángulo acústico de las vocales españolas
Fuente: A. QUILIS (1999: 163)

Los triángulos acústicos "se obtienen situando sobre la carta de formantes[17], construida a escala logarítmica[18], los resultados de los valores, absolutos o medios, de los F1 y F2 de cada vocal[19]" (A. QUILIS, 1999: 160). Como se puede observar en la Figura 8, este gráfico está constituido por dos ejes, uno horizontal -de abscisas, en el que se coloca el F2 de derecha a izquierda sobre unos valores que van desde los 500 hasta los 4.000 Hz- y otro vertical -de ordenadas, en el que se posiciona el F1 de forma descendente desde los 1.000 hasta los 200 Hz[20]-. El eje de abscisas muestra la longitud de la cavidad bucal, es decir, la posición de la lengua dentro de dicha cavidad en el momento de la emisión (cuanto menor sea la longitud de la cavidad bucal, es decir, cuanto más anterior se posicione la lengua, mayor frecuencia se obtendrá); mientras que en el eje de ordenadas se representa el grado de abertura del canal bucal que se requiere para producir el sonido (a mayor abertura vocal durante la emisión, mayor frecuencia se obtiene). En el caso particular del sonido [a] se puede observar que presenta la frecuencia más intermedia en el eje de abscisas debido a que articulatoriamente se

[17] La carta de formantes "es un gráfico en el que, en el espacio definido por un eje de coordenadas cartesianas, se representan, en las ordenadas, los valores del primer formante y, en las abscisas, los del segundo" (REAL ACADEMIA ESPAÑOLA, 2011: 87).
[18] Las escalas logarítmicas "reflejan una compensación tal, que los intervalos sonoros iguales que llegan a nuestro oído se representan por distancias iguales" (A. QUILIS, 2008: 158).
[19] La *Nueva gramática* de la Real Academia Española (2011: 85) establece que los valores medios de la vocal /a/ se sitúan en 753 Hz para el F1 y 1.260 Hz para el F2, E. Martínez Celdrán (1998: 41) los sitúa en 699 Hz para el F1 y 1.471 Hz para el F2 y A. Quilis y M. Esgueva (1983: 137-252) establecen 657 Hz para el F1 y 1.215 Hz para el F2.
[20] Para conocer qué valor tiene cada uno de los formantes se debe medir la distancia que existe desde la línea horizontal situada en la base del espectrograma (denominada "línea de referencia") hasta el centro (punto medio) del formante en cuestión.

caracteriza por su centralidad, mientras que por el contrario en el eje de ordenadas posee la frecuencia más elevada de todos los sonidos vocálicos, consecuencia que se deriva del alto grado de abertura bucal que se requiere para su producción.

Para finalizar con este apartado procederemos a señalar cómo se clasifica acústicamente la vocal /a/. Los rasgos generales que la caracterizan, al igual que al resto de vocales, son los de (+ vocálico), (- consonántico), (+ continuo) y (+ sonoro)[21]. Junto a estos se deben tener en cuenta también las oposiciones "compacto-difuso", "nasal-oral", "grave-agudo" y "bemolizado-no bemolizado":

- Vocal compacta – vocal difusa: atendiendo a este rasgo, derivado del modo de articulación, la vocal /a/ se caracteriza por su compacidad, puesto que posee una gran concentración de energía en el centro de su espectro. En un espectrograma este rasgo se puede observar en la frecuencia del F1, ya que cuanta mayor frecuencia tenga y más se aproxime al F2, más compacta es.
- Vocal nasal – vocal oral: el sonido [a] se considera nasal únicamente cuando se encuentra situado entre dos consonantes nasales, como ocurre en el caso de [ʻmãno] (/mano/), o cuando se encuentra en posición inicial seguida de una consonante nasal, como ocurre en [ʻãNtes] (/antes/). Aunque acústicamente las vocales nasales se caracterizan porque presentan una menor intensidad en el F1, en nuestro corpus este rasgo, que aparece en los grupos /blaN/ [blãn], /laN/ [lãn], /kaN/ [kãn] y /raN/ [rãn], no va a ser analizado al no ser pertinente; es decir, al no provocar distinción en los significados de las palabras.
- Vocal grave – vocal aguda: para este rasgo, que deriva del lugar de articulación, únicamente se ha establecido que las vocales anteriores son agudas y las posteriores graves (E. MARTÍNEZ CELDRÁN, 1998: 42). Por lo tanto, al caracterizarse la vocal /a/ por su centralidad, es imposible definirla en cuanto a la acuidad.
- Vocal bemolizada – vocal no bemolizada: la vocal /a/ se caracteriza por ser "no bemolizada", puesto que su emisión no implica el redondeamiento de los labios. Al igual que ocurría en el caso de la nasalización, el rasgo (+/- bemolizado) no es pertinente en español.

[21] El rasgo (+ continuo) hace referencia a la no interrupción de la salida del aire en el momento de emisión. Por su parte, el rasgo (+ sonoro) aparece cuando la producción de un sonido provoca vibración en las cuerdas vocales.

En la tabla que se muestra a continuación se recoge la suma de los rasgos acústicos distintivos[22] que caracterizan a cada vocal del sistema lingüístico español, destacando la vocal /a/ analizada.

Como se puede observar, nuestra vocal de estudio /a/ queda clasificada acústicamente como un sonido vocálico, no consonántico y compacto con dos alófonos[23] en distribución complementaria: el primero ([ã]) se produce cuando la vocal es nasal, y el segundo ([a]) cuando es oral.

Rasgos	**/i/**	**/e/**	**/a/**	**/o/**	**/u/**
Vocálico/No vocálico	+	+	+	+	+
Consonántico/No consonántico	-	-	-	-	-
Compacto/No compacto	-	-	+	-	-
Difuso/No difuso	+	-		-	+
Grave/No grave	-	-	-	+	+
Aguda/No aguda	+	+	-		

Tabla 1
Rasgos distintivos de las vocales españolas
Fuente: A. QUILIS (1999: 168)

[22] Un rasgo distintivo constituye la "propiedad acústica o articulatoria de los segmentos fónicos lingüísticamente relevante y que puede presentar dos o más posibles valores contrastivos" (J. GIL, 2007: 544-545).
[23] Un alófono es "cada una de las variantes que se dan en la pronunciación de un mismo fonema, según la posición de este en la palabra o sílaba, según el carácter de los fonemas vecinos, etc."(REAL ACADEMIA ESPAÑOLA, 2014).

3. CONSIDERACIONES METODOLÓGICAS

El objetivo principal de nuestro trabajo se ha centrado en la realización de un análisis acústico y sonográfico de la vocal /a/ a partir de un corpus de referencia destinado a fines forenses.

Para lograr este fin se ha seguido la metodología propuesta en el proyecto "Análisis comparativo de registros del habla en el entorno forense: una revisión del marco conceptual" (IUICP/PI2013/03) solicitado por el Laboratorio de Acústica Forense de la Policía Científica en el marco de investigación del Instituto Universitario de Investigación en Ciencias Policiales de la Universidad de Alcalá. Como ya se señaló en la *Introducción*, el objetivo principal de este proyecto es cuantificar, clasificar y compatibilizar los parámetros incluidos en el análisis clásico de la metodología combinada para la acreditación de los distintos procesos que la componen y su validación ante los tribunales como prueba científica.

En este sentido, cabe mencionar que la validez de las metodologías científicas como pruebas inexcusables en un proceso judicial comenzó a encontrar bastantes detractores debido a que, aunque "scientific evidence refers to elements of conviction […] which means that the value of the results obtained is greater than that of the rest of the evidence"[24](M. MIDÓN ápud O. A. GOZAÍNI ápud M. GARCÍA ANTUÑA, en prensa: 2), "la adjetivación como científica de una clase de prueba no le proporciona ni le quita ningún valor probatorio especial [...] Lo que hay que evitar en absoluto es la sobrevaloración de esta prueba" (S. DE LUCA; F. NAVARRO Y R. CAMERIERE, 2013: 7).

Este hecho provocó que se cuestionara el valor de las pruebas científicas, por lo que pronto surgió la necesidad de controlarlas antes de que fuesen admitidas por un juez. Los criterios -conocidos bajo la denominación de "Daubert Standart"- que estas pruebas deben cumplir para ser aceptadas en el ámbito judicial fueron establecidos tras el caso *Daubert vs. Merrell Dow Pharmaceuticals* (Estados Unidos, 1993), y se centran en los siguientes aspectos:

- Que la técnica pueda ser y haya sido comprobada.
- Que haya estado sujeta a revisiones y publicaciones.

[24] [La prueba científica remite a elementos de convicción […] Lo que hace que el valor de los resultados obtenidos sea mayor que el del resto de las evidencias].

- Que pueda determinar el rango de error a la que está sujeta.
- Que existan valores estándar que controlen su desarrollo.
- Que sea ampliamente aceptada entre los miembros de la comunidad científica. (M. GARCÍA ANTUÑA, en prensa: 3-4)

En España, aunque aún no se ha referenciado la admisibilidad de las pruebas científicas en el proceso penal (Mª. M. ROBLEDO ápud M. GARCÍA ANTUÑA, en prensa: 4), algunas de ellas, como es el caso del ADN o de las pruebas que determinan la presencia de drogas o alcohol en el organismo de un individuo, ya han sido acreditadas como válidas en dichos procesos. Por ello, el Laboratorio de Acústica Forense de la Policía Científica ya ha llevado a cabo numerosos proyectos de investigación -como el anteriormente nombrado- para demostrar que la Identificación Forense de Locutores (al igual que su metodología combinada, sus equipos de trabajo y la formación de sus expertos lingüistas) debe considerarse como una prueba científica válida en el ámbito legal.

La integración de nuestro estudio dentro de ese proyecto más amplio podría servir de ayuda en el cumplimiento de los postulados establecidos en el "Daubert Standart", ya que la Identificación Forense de Locutores, al tener como objeto de estudio la voz humana -cuya característica principal es que está "sujeta a diferentes factores de variabilidad (producción articulatoria y fonatoria, componentes emocionales, expresivos, retóricos, etc.)[25]"(C. DELGADO ROMERO, 2005: 177)- presenta problemas que otros rasgos, como el ADN, no tienen debido a su invariabilidad. Por lo tanto, tal y como señala M. García Antuña (en prensa: 7), es necesario la existencia de "descriptive corpus studies" (como el que nosotros proporcionamos) "which, although from a rigorous statistical point of view are not as representative of the population analysed as we might wish, would certainly be useful"[26] en el proceso de comprobación y verificación de la Identificación Forense de Locutores (y de los elementos que la conforman) como una prueba científica útil en la esfera judicial.

[25] J. J. Lucena Molina (2005: 2) establece que los factores que afectan a la variabilidad del habla se pueden dividir en dos grupos: los que pertenecen a la señal de voz (los cuales, a su vez, se dividen en dos subgrupos: intrínsecos, es decir, aquellos que son inherentes al propio locutor [edad, estado emocional, estado físico, grado de estrés, velocidad de articulación, etc.] y extrínsecos, que son aquellos que están propiciados por circunstancias externas al hablante [los dispositivos que transmiten la señal de voz, el ancho de banda, los ruidos de fondo, etc.]) y los que se derivan del paso del tiempo.

[26] [Estudios descriptivos de corpus […] que, a pesar de que desde un punto de vista estadístico riguroso no son tan representativos de la población analizada como desearíamos, pueden ser útiles].

3.1. CORPUS

Se han analizado 460 realizaciones de la vocal /a/ (véase ANEXO I) provenientes de los 10 primeros informantes masculinos del "Grupo piloto" (véase ANEXO II) que dicho proyecto tiene almacenado en la base de datos "LOCUPOL"[27] del Laboratorio de Acústica Forense de la Comisaría General de la Policía Científica. Este corpus, que cuenta con las muestras de más de 300 locutores, ha tenido como finalidad no solo la realización de investigaciones en el campo de la Acústica y las Ciencias del Habla, sino también el establecimiento de referencias y sistemas de análisis que sirven actualmente como sustento a los informes periciales emitidos por el Laboratorio de Acústica Forense (BOE, 1999: 24734 ápud M. GARCÍA ANTUÑA, 2012: 24).

Cada uno de los informantes analizados realizó tres tipos de grabaciones de las que se han obtenido tres muestras sonoras distintas: una microfónica con frases emitidas a velocidad normal (mfv); otra también microfónica pero con frases realizadas a un ritmo rápido (mvv); y otra telefónica con frases emitidas a ritmo normal (tfv). En el proceso de toma de muestras cada informante tuvo que leer 6 frases[28] (véase ANEXO III) que poseían unas características lingüísticas concretas creadas específicamente por la Comisaría General de la Policía Científica para el proyecto anteriormente mencionado.

Todas las grabaciones fueron realizadas con el dispositivo analógico de grabación TC-D5 PRO II de la marca Sony para posteriormente ser digitalizadas en formato .wav con ayuda del programa de edición de audio Sound Forge de Sony.

Pese a que las grabaciones telefónicas (tfv) son las que poseen una mayor relevancia en el ámbito forense (M. GARCÍA ANTUÑA, 2012: 25), hemos considerado pertinente y necesario incluir el análisis de las tres muestras (mfv, mvv y tfv) existentes en "LOCUPOL" con el objetivo de comprobar (véase *Prueba experimental III*) la pertinencia del canal en el análisis acústico de la voz.

[27] La base de datos "LOCUPOL", creada a finales de la década de 1990, dejó de actualizarse en el año 2005. No obstante, es uno de los corpus más completos que existen desde el punto de vista de la Lingüística Forense.

[28] Como se puede observar en el ANEXO III, algunas frases poseen grupos de vocales marcados en color rojo. Estos grupos no deben ser analizados debido a que su proximidad provoca que no se distingan adecuadamente. Por lo tanto, en el caso de la /a/ no han sido tomadas en cuenta la de la palabra "ante" en la cuarta frase, ni la de "asistir" en la quinta.

3.2. ANÁLISIS ACÚSTICO DE LOS DATOS

Antes de explicar el procedimiento que se ha llevado a cabo para analizar acústicamente los datos obtenidos, consideramos necesario mostrar de dónde proviene la totalidad de realizaciones vocálicas estudiadas. Para ello, se ha diseñado una tabla en la que se puede ver la cantidad de emisiones de /a/ existentes en cada una de las frases pronunciadas por los informantes, el número de parámetros analizados (F1, F2 y F3) y el número de locutores que se han tomado en consideración:

	Realizaciones	Parámetros analizados	Locutores	Total
Frase 1	18	3	10	540
Frase 2	15	3	10	450
Frase 3	2	3	10	60
Frase 4	0	0	0	0
Frase 5	3	3	10	90
Frase 6	8	3	10	240
Total de datos analizados				**1.380**

Tabla 2
Diseño del análisis acústico de la vocal /a/
Fuente: elaboración propia

El mencionado análisis fue realizado con ayuda de la herramienta informática PRAAT (versión 4.4.20), programa gratuito[29] desarrollado por Paul Boersma y David Weenink (Universidad de Ámsterdam) que permite obtener de manera simultánea el espectrograma y oscilograma -forma que posee una onda sonora- de cualquier emisión acústica.

La utilización de PRAAT facilita la obtención de los valores medios (en Hz) de los formantes que configuran un determinado sonido. Para nuestro trabajo particular, aunque hemos realizado la medición de los tres formantes, nos hemos centrado exclusivamente en los valores de los dos primeros, los cuales se han incluido en un formulario creado específicamente por la Comisaría General de la Policía Científica (véase ANEXO IV) en el que también aparece información que debe ser incluida, como el número de locutor, la toma, el fonema y las observaciones, en el caso de que las hubiese.

[29] Existe la posibilidad de descargar gratuitamente PRAAT a través de la siguiente dirección web: http://www.fon.hum.uva.nl/praat/ Consulta: 6 de abril de 2016.

Resulta importante destacar que muchas de las mediciones aportadas en nuestro análisis no fueron proporcionadas de manera automática por esta herramienta. Durante el proceso de medición tuvimos numerosos problemas con el programa debido a que no realizaba la medición en el centro del formante, sino que se desplazaba a lo largo del espectro (véase ANEXO V), otorgando valores que en ningún caso eran reales. Por lo tanto, en los casos en los que se produjo este hecho se procedió a realizar las mediciones manualmente con el objetivo de proporcionar, en la medida de lo posible, datos fiables y certeros.

3.3. METODOLOGÍA EMPLEADA EN EL ANÁLISIS DE LOS DATOS

El procedimiento que se ha llevado a cabo durante la fase de análisis cualitativo-cuantitativo ha sido el siguiente: tras analizar acústicamente las diferentes realizaciones de la vocal con el programa PRAAT (véase apartado 3.2.), se han trasladado todos los datos obtenidos al programa EXCEL para facilitar la realización de fórmulas matemáticas que han permitido, por un lado, obtener los valores medios de F1 y F2 de las tres tomas realizadas por cada informante, y por otro, conseguir los valores medios totales de F1 y F2 que corresponden a cada locutor. Posteriormente, dichos valores se han trasladado a tablas y se han realizado las tres pruebas experimentales propuestas con el objetivo de extraer conclusiones que permitan verificar las hipótesis de partida.

4. ANÁLISIS CUALITATIVO Y CUANTITATIVO DE LOS DATOS

Con el objetivo de elaborar el análisis cualitativo y cuantitativo de los datos obtenidos se han llevado a cabo tres pruebas experimentales:

1. La comparación de los valores medios de la vocal /a/ propuestos desde el ámbito académico con los valores medios de la vocal de cada uno de los informantes analizados.
2. El análisis de la vocal /a/ en tres contextos coarticulatorios distintos para verificar si el fenómeno de la coarticulación influye en los valores de los parámetros analizados.
3. La comparación de las tres muestras realizadas por cada informante para determinar si existe variación entre ellas, prestando especial atención a las diferencias entre las grabaciones microfónicas y la grabación telefónica.

Como paso previo a su realización, cada uno de los experimentos citados lleva asociada una hipótesis de partida que deberá ser verificada al finalizar los mismos:

1. Los valores de la vocal /a/ extraídos en un laboratorio con condiciones acústicas óptimas y con una finalidad académica no coinciden con los valores de las vocales emitidos por informantes en un contexto forense.
2. El contexto coarticulatorio en el que se encuentre la vocal influye sobre todo en el valor de su segundo formante al estar este íntimamente relacionado con el punto articulatorio.
3. El tipo de muestra emitida (microfónica o telefónica) influye en los valores totales de la vocal.

Para la elaboración de estas pruebas partimos, entre otros, de los datos incluidos en la siguiente tabla, la cual muestra los valores medios de la vocal obtenidos por cada uno de los informantes:

	F1 (Hz)	F2 (Hz)
Informante 1	645,42	1.405,97
Informante 2	583,92	1.377,61
Informante 3	611,95	1.394,59
Informante 4	561,67	1.355,07
Informante 5	547,09	1.459,76
Informante 6	587,95	1.387,63
Informante 7	588,50	1.324,77
Informante 8	568,46	1.438,20
Informante 9	605,23	1.415,33
Informante 10	608,28	1.417,79
Media total	590,84	1397,67

Tabla 3
Valores medios totales de F1 y F2
Fuente: elaboración propia

Resulta importante señalar que, de los tres formantes existentes, en el momento de elaborar las pruebas experimentales solo se han tomado en consideración los dos primeros (F1 y F2) por ser los que tienen una mayor relación con el punto de articulación y el grado de abertura, lo que permite extraer un mayor número de conclusiones cualitativas acerca de la realización de la vocal -especialmente en el caso de los contextos coarticulatorios-.

4.1. PRUEBA EXPERIMENTAL I

El objetivo fundamental de la primera prueba ha sido la de comparar los valores medios de la vocal /a/ propuestos en el ámbito lingüístico[30] (véase Tabla 4) con los valores medios totales de la vocal obtenidos por cada informante (véase Tabla 3) para comprobar si los datos ofrecidos desde el área académica (esto es, valores obtenidos a través del análisis de vocales aisladas grabadas en un laboratorio con características acústicas ideales) coinciden con los que se obtienen en un contexto forense, en el que dichas características acústicas óptimas pocas veces se logran.

[30] Los expertos del ámbito académico cuyos valores se han tomado en consideración son la Real Academia Española (REAL ACADEMIA ESPAÑOLA, 2011: 85), E. Martínez Celdrán (E. MARTÍNEZ CELDRÁN, 1998: 41) y el estudio conjunto de A. Quilis y M. Esgueva (A. QUILIS Y M. ESGUEVA, 1983: 137-252).

	F1 (Hz)	F2 (Hz)
Real Academia Española (2011)	753	1.260
E. Martínez Celdrán (1998)	699	1.471
A. Quilis y M. Esgueva (1983)	657	1.215

Tabla 4
Valores medios de la vocal /a/ propuestos desde el ámbito académico
Fuente: elaboración propia

Para ello, se han trasladado todos los valores anteriormente mencionados a una carta de formantes para que, de manera visual, se puedan ver las semejanzas y/o diferencias que existen:

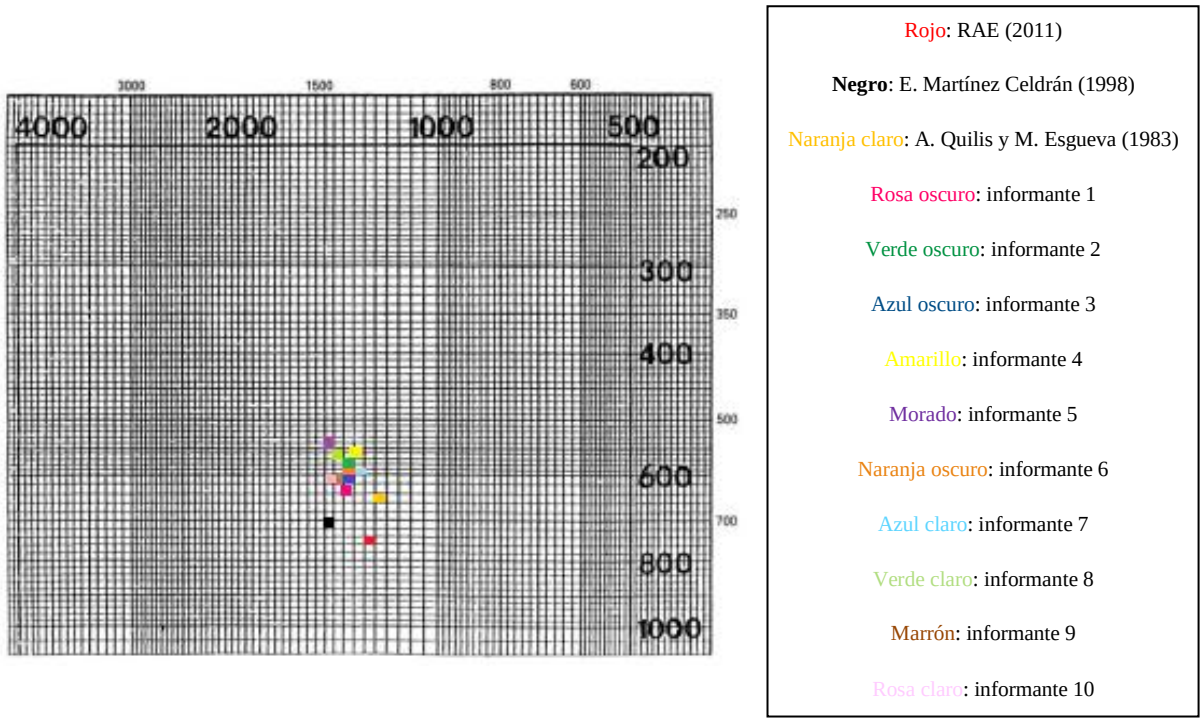


Figura 9
Valores medios de F1 y F2 de todos los informantes
Fuente: elaboración propia

En la gráfica se puede observar cómo, a pesar de que todos los valores se encuentran en el mismo campo de dispersión[31] (el cual también se encuentra establecido dentro de los límites que se proponen en la Figura 10 para la vocal /a/), los 10 informantes analizados han realizado la emisión de la vocal de forma más cerrada que los hablantes ideales propuestos desde el ámbito más académico, lo que tiene su explicación en el hecho de que la realización de un sonido aislado obliga al hablante a vocalizar de manera más amplia. Aún así, llama la atención que la realización propuesta por A. Quilis y M. Esgueva (1983) es la que más se acerca a ellos si se tiene en cuenta el grado de abertura -con una diferencia de 12 Hz con respecto al locutor 1-, mientras que la más alejada sería la ofrecida en la *Nueva gramática* de la Real Academia (2011). Si, en cambio, observamos el punto de articulación, advertimos que los 10 hablantes han efectuado sus emisiones en una posición intermedia entre la de E. Martínez Celdrán (1998) y la de la RAE (2011): la primera se ha realizado 12 Hz más anterior que la emisión del informante 5 (lo que se traduce en una posición lingual ligeramente más cercana al paladar duro que la que tenía ese hablante), mientras que la segunda presenta un valor de 64 Hz más posterior que la del locutor 7, por lo que la lengua del hablante propuesto por la RAE (2011) se ha acercado aún más al velo del paladar que este informante.

4.1.1. VERIFICACIÓN DE LA HIPÓTESIS GENERAL

La hipótesis con la que hemos comenzado el experimento era la siguiente: los valores de la vocal /a/ extraídos en el laboratorio desde el ámbito académico no se corresponden exactamente con los valores obtenidos por los hablantes de nuestro corpus.

Una vez realizada la comparación de todos los valores medios de la vocal que disponemos podemos concluir que nuestra hipótesis de partida no era cierta: a pesar de que sí existe una gran diferencia en los valores del primer formante -relacionados con el grado de abertura-, esta diferencia no es extrema debido a que se encuentran dentro del mismo campo de dispersión, por lo que deducimos que la desigualdad se ha producido a causa de una vocalización exagerada -y, por lo tanto, más abierta- en el momento de emitir la vocal aislada en el laboratorio. La hipótesis queda también anulada al

[31] Un campo de dispersión es el espacio que ocupa en una carta de formantes la realización de cada segmento vocálico (REAL ACADEMIA ESPAÑOLA, 2011: 88).

comprobar que los valores del F2 de los informantes apenas se diferencian de los academicistas, lo que muestra que la vocal ha sido realizada en todos los casos en un punto articulatorio muy parecido.

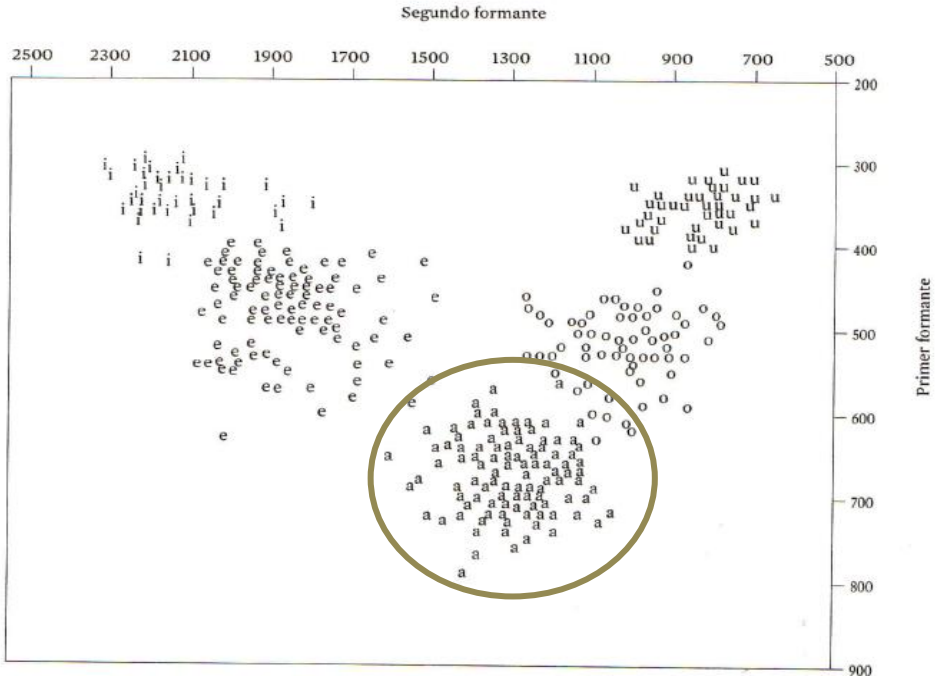


Figura 10
Campo de dispersión de la vocal /a/ (círculo verde) en una carta de formantes en la que se han representado las áreas de dispersión de las vocales del español
Fuente: elaboración propia a partir de REAL ACADEMIA ESPAÑOLA (2011: 88)

No obstante, al observar las diferencias que existen entre los valores propuestos desde el ámbito académico, consideramos que debería hacerse una revisión y deberían ser realizados más estudios descriptivos que permitan establecer un valor estándar de la vocal a partir de corpus más amplios.

4.2. PRUEBA EXPERIMENTAL II

Con el experimento número 2 se pretende verificar la relevancia coarticulatoria en la realización de las vocales, concretamente en la realización de la vocal /a/; es decir, se busca comprobar en qué medida afecta el fenómeno de la coarticulación en la pronunciación de la vocal:

Coarticulation is the way in which the movements of different articulators affect each other and the ways in which preceding and following articulations of an individual articulator affect its current articulation […] Coarticulation always occurs in all languages for all sequences of sounds not separated by pauses[32] (R. MANNELL, 2008: 10).

Para ello, partimos de la siguiente hipótesis: el punto de articulación de una consonante interviene en la posición lingual desde el punto de vista articulatorio, lo que tiene su correspondencia acústica en la variación de los valores del F2 de la vocal.

Para comprobar este hecho, se han tomado como objeto de estudio aquellos contextos en los que la vocal /a/ se encuentra junto a las consonantes /p/, /b/, /t/, /d/ y /k/[33] con la finalidad de obtener realizaciones relativas al punto articulatorio anterior, medio y posterior, respectivamente. La elección de estos cinco fonemas está fundamentada en que su identificación en un espectrograma resulta visualmente más sencilla debido a que acústicamente se caracterizan por poseer una zona de silencio (también denominada "periodo de oclusión") y una barra de explosión en el momento en que comienzan a relajarse (E. MARTÍNEZ CELDRÁN, 1998: 58). Además, un rasgo propio de este tipo de consonantes es la aparición del *VOT*[34] ("Voice Onset Time"), traducido como "tiempo de emisión de la voz" en español (véase Figura 11).

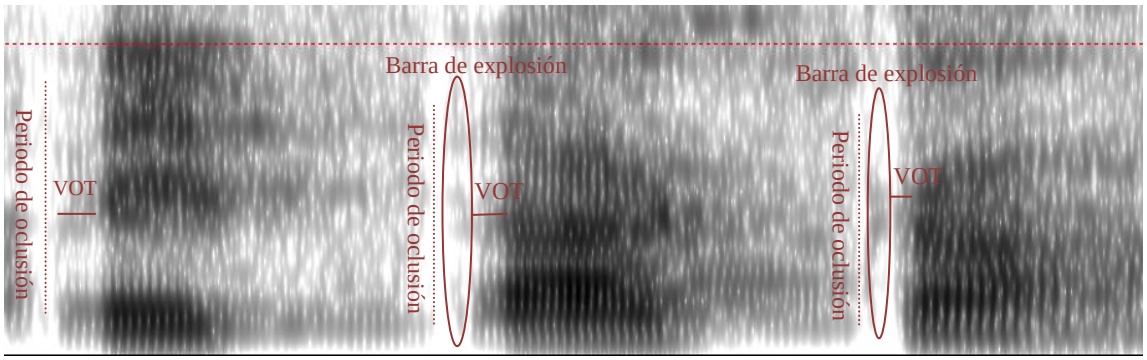


Figura 11
Espectrograma de la palabra "petaca" en la que se puede observar los rasgos característicos de las consonantes oclusivas
Fuente: elaboración propia

[32] [La coarticulación es la forma en la que los movimientos de diferentes articuladores se afectan entre sí y la manera en la que las articulaciones anteriores y siguientes de un articulador concreto afectan a su articulación actual […] La coarticulación siempre ocurre en todas las lenguas para todas las secuencias de sonidos que no están separadas por pausas].
[33] En nuestro corpus, las palabras que presentan dichos sonidos son las siguientes: [pa]: *pastor*, *pararon*, *despacho*; [ba]: *debajo*; [ta]: *está*, *Talavera*, *invita*, *gitanos*, *cincuenta*; [da]: *fabricada*, *lanzadas*, *rápidamente*, *necesidad*; [ka]: *camisa*, *blanca*, *fabricada*, *chicas*, *tracas*, *campo*, *fabricaron*. No se ha incluido el estudio del contexto coarticulatorio [ga] por carecer de ejemplos.
[34] El *VOT* hace referencia al momento que existe entre la relajación de la oclusiva tras la aparición de la barra de explosión y el instante en el que las cuerdas vocales comienzan a vibrar (E. MARTÍNEZ CELDRÁN, 1998: 54-55).

La *Nueva gramática* de la Real Academia Española (2011: 116-121) establece que las consonantes que acabamos de señalar se clasifican desde el punto de vista del modo de articulación como "obstruyentes oclusivas" debido a que en el momento de su emisión interviene un obstáculo que impide que el aire salga al exterior, lo que facilita la identificación de los elementos constituyentes señalados en el párrafo anterior.

Atendiendo al lugar de articulación, la clasificación es la siguiente:

- /p/ y /b/: se integran dentro de las consonantes "labiales" (también conocidas con el nombre de "bilabiales") debido a que son los labios los encargados de interrumpir la salida del aire cuando entran en contacto. El rasgo que diferencia a ambos fonemas es el de sonoridad: /p/ es sordo y /b/ es sonoro.

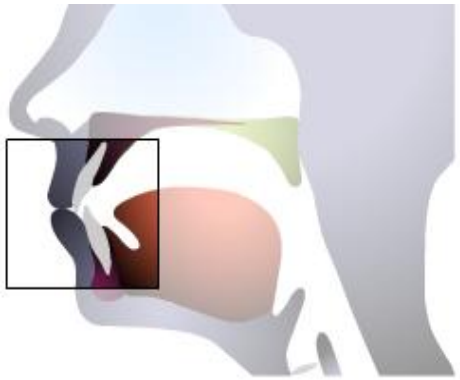


Figura 12
Punto de articulación de las consonantes oclusivas bilabiales /p/ y /b/
Fuente: UNIVERSITY OF IOWA [sitio web]

- /t/ y /d/: se agrupan dentro de las consonantes "coronales" debido a que su articulación se realiza con la parte frontal de la lengua (denominada "corona"). En este caso, la salida del aire es interrumpida por un obstáculo situado en la cara anterior de los incisivos, por lo que también reciben el nombre de consonantes oclusivas "dentales". Al igual que ocurría en el caso de las bilabiales, lo que diferencia a ambos fonemas es el rasgo de sonoridad: /t/ es un fonema sordo y /d/ es sonoro.

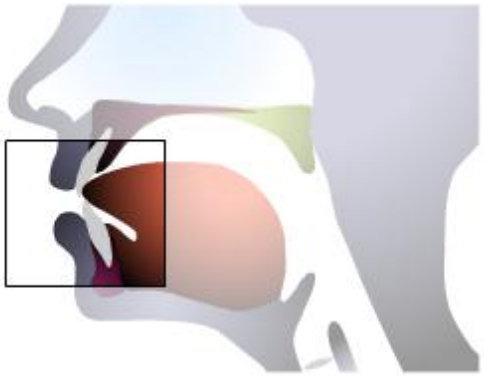


Figura 13
Punto de articulación de las consonantes oclusivas dentales /t/ y /d/
Fuente: UNIVERSITY OF IOWA [sitio web]

- /k/: se clasifica como "dorsal" debido a que el obstáculo está situado en la parte posterior del aparato fonador, concretamente en el velo del paladar, por lo que también se la conoce bajo la denominación de consonante oclusiva "velar". El rasgo principal del fonema /k/ es la ausencia de sonoridad.

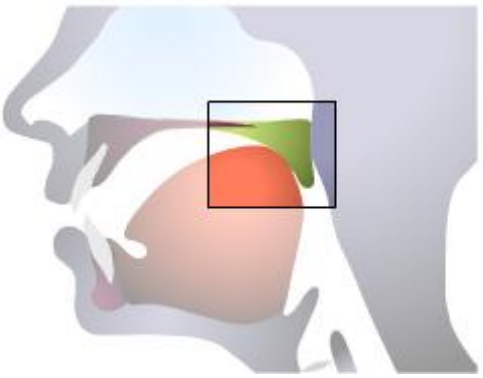
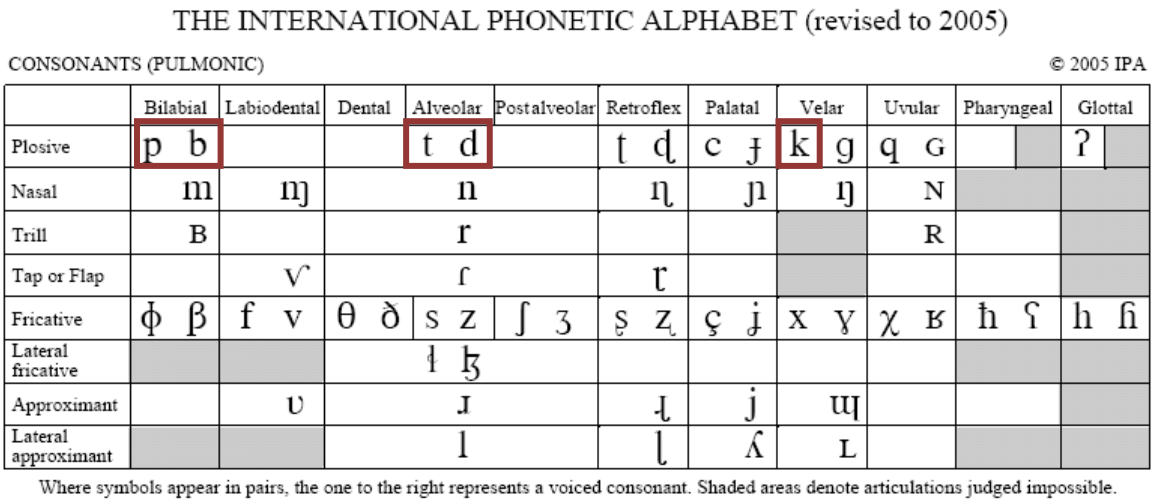


Figura 14
Punto de articulación de la consonante oclusiva velar /k/
Fuente: UNIVERSITY OF IOWA [sitio web]



THE INTERNATIONAL PHONETIC ALPHABET (revised to 2005)

CONSONANTS (PULMONIC) © 2005 IPA

	Bilabial	Labiodental	Dental	Alveolar	Postalveolar	Retroflex	Palatal	Velar	Uvular	Pharyngeal	Glottal
Plosive	p b			t d		ʈ ɖ	c ɟ	k g	q ɢ		ʔ
Nasal	m	ɱ		n		ɳ	ɲ	ŋ	N		
Trill	B			r					R		
Tap or Flap		ⱱ		ɾ		ɽ					
Fricative	ɸ β	f v	θ ð	s z	ʃ ʒ	ʂ ʐ	ç ʝ	x ɣ	χ ʁ	ħ ʕ	h ɦ
Lateral fricative				ɬ ɮ							
Approximant		ʋ		ɹ		ɻ	j	ɰ			
Lateral approximant				l		ɭ	ʎ	ʟ			

Where symbols appear in pairs, the one to the right represents a voiced consonant. Shaded areas denote articulations judged impossible.

Figura 15
Consonantes del Alfabeto Fonético Internacional
Fuente: INTERNATIONAL PHONETIC ASSOCIATION [sitio web]

Junto a esto, es importante señalar que los fonemas consonánticos analizados presentan dentro de su posición en la sílaba un contexto "explosivo" o "prenuclear" debido a que se encuentran posicionados antes del núcleo silábico (es decir, antes de la vocal). La característica principal de la fase explosiva es que su realización comienza con un cierre para ir abriéndose progresivamente a medida que se acerca a la vocal[35] (A. QUILIS, 1999: 75).

A continuación, se muestra una tabla en la que se pueden ver los valores medios totales de dichos sonidos (la consulta de los valores medios obtenidos por cada uno de los informantes se puede realizar en el ANEXO VI):

[35] Las consonantes que, por el contrario, se sitúan detrás del núcleo silábico reciben el nombre de "implosivas" o "postnucleares", y su realización parte de la abertura para terminar en el cierre.

Oclusivas bilabiales				
Sonido	**[pa]**		**[ba]**	
Valor de /a/	**F1 (Hz)**	**F2 (Hz)**	**F1 (Hz)**	**F2 (Hz)**
	602,39	1.328,47	583,01	1.208,58
Oclusivas dentales				
Sonido	**[ta]**		**[da]**	
Valor de /a/	**F1 (Hz)**	**F2 (Hz)**	**F1 (Hz)**	**F2 (Hz)**
	589,53	1.437,65	590,14	1.409,07
Oclusivas velares				
Sonido	**[ka]**			
Valor de /a/	**F1 (Hz)**	**F2 (Hz)**		
	589,89	1.453,51		

Tabla 5
Valores medios totales de los sonidos oclusivos
Fuente: elaboración propia

Una vez obtenidos los valores se han trasladado los datos a unas cartas de formantes para poder cotejar las distintas realizaciones de la vocal /a/ dependiendo del tipo de consonante oclusiva a la que se haya unido. Así, en la primera gráfica se podrá comparar el valor medio de la vocal (véase Tabla 3) con los de las consonantes oclusivas bilabiales /p/ y /b/, en la segunda con los de las dentales /t/ y /d/ y en la tercera con los valores de la velar /k/.

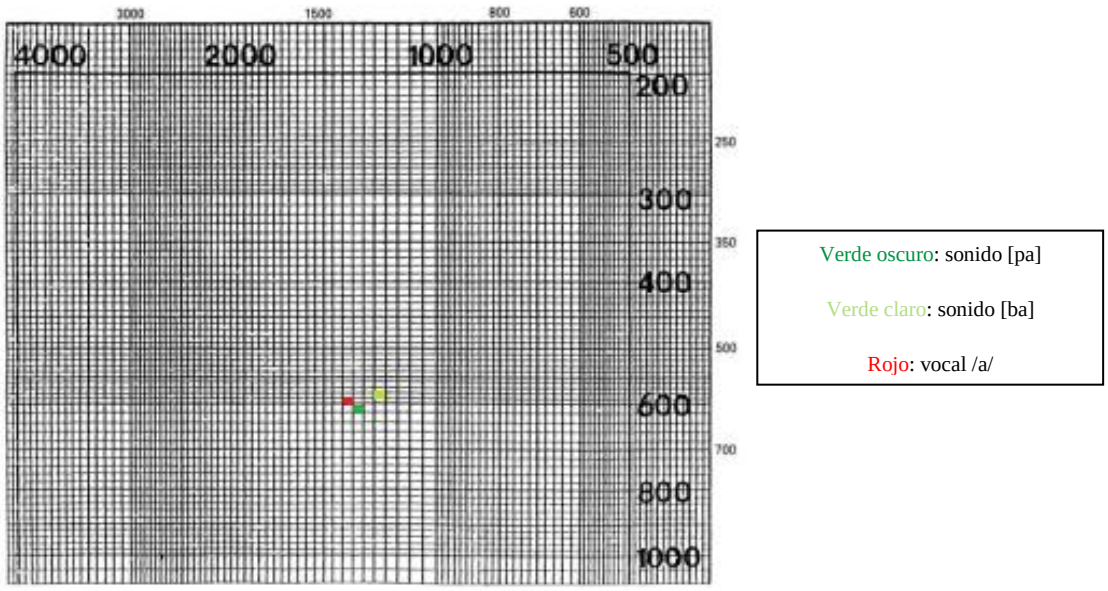


Figura 16
Comparativa de los valores medios de /a/, [pa] y [ba]
Fuente: elaboración propia

Como se puede observar en esta gráfica, el valor medio de la vocal /a/ y el valor medio de la oclusiva bilabial [pa] presentan valores muy similares en los dos formantes, únicamente diferenciados por el hecho de que [pa] se ha realizado en un punto articulatorio ligeramente más posterior y con la cavidad bucal un poco más abierta que en el caso de /a/.

Si se observa la posición de [ba] se puede ver que posee una realización diferenciada del resto, puesto que su emisión ha sido la más cercana al área velar y también la más cerrada.

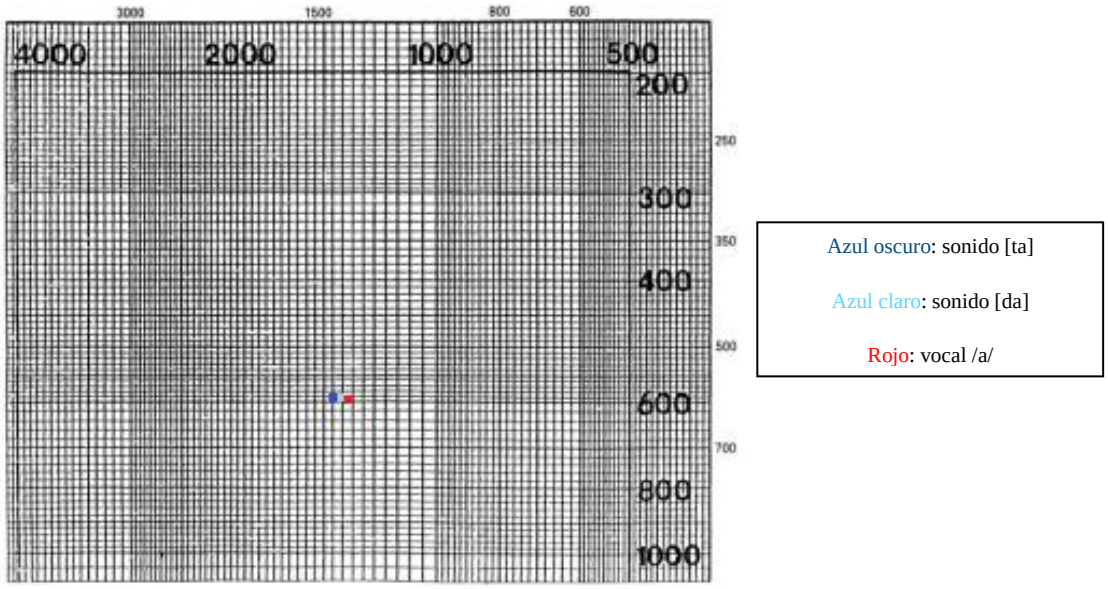


Figura 17
Comparativa de los valores medios de /a/, [ta] y [da]
Fuente: elaboración propia

Esta carta de formantes muestra cómo las tres realizaciones han sido emitidas con un mismo grado de abertura vocálica y con la lengua en un punto articulatorio muy parecido, únicamente diferenciado en el hecho de que los dos sonidos dentales han sido más anteriores que la realización media de la /a/, destacando ligeramente la posición adelantada del sonido [ta].

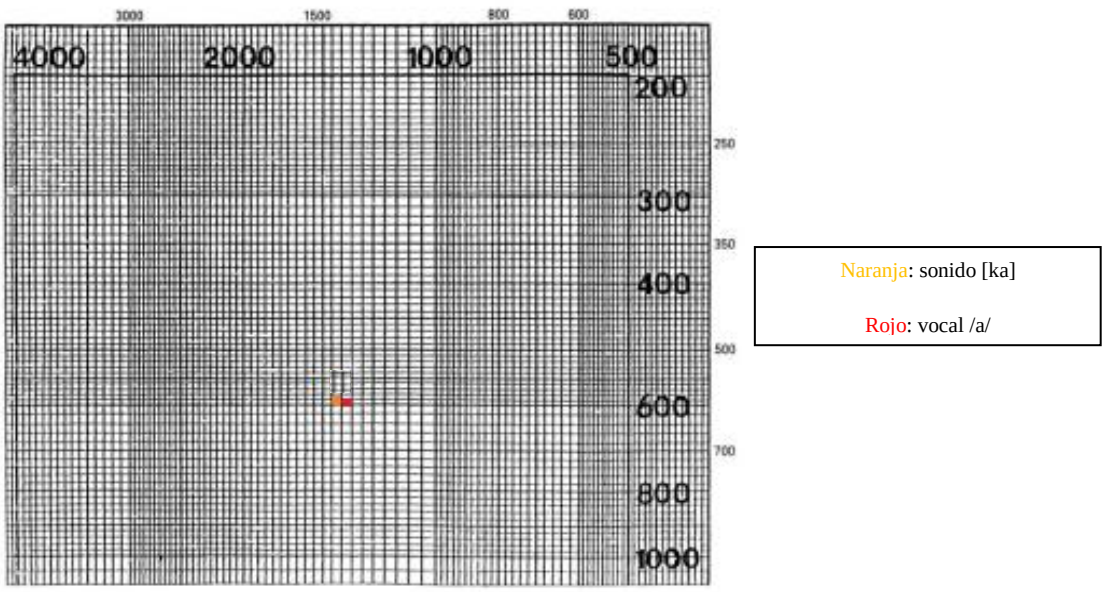


Figura 18
Comparativa de los valores medios de /a/ y [ka]
Fuente: elaboración propia

En la imagen se puede ver que, desde el punto de vista de la articulación, el sonido oclusivo velar se ha emitido de forma ligeramente más anterior que el valor medio de la vocal /a/, mientras que si se tiene en cuenta el grado de abertura bucal advertimos que la realización de [a] y de [ka] ha sido idéntica.

Por último, procedemos a incluir también una carta de formantes en la que se presentarán todos los sonidos analizados anteriormente con el objetivo de observar las posibles diferencias coarticulatorias de manera más sencilla. Esta última imagen será la encargada de proporcionarnos los datos necesarios para poder verificar nuestra hipótesis de partida.

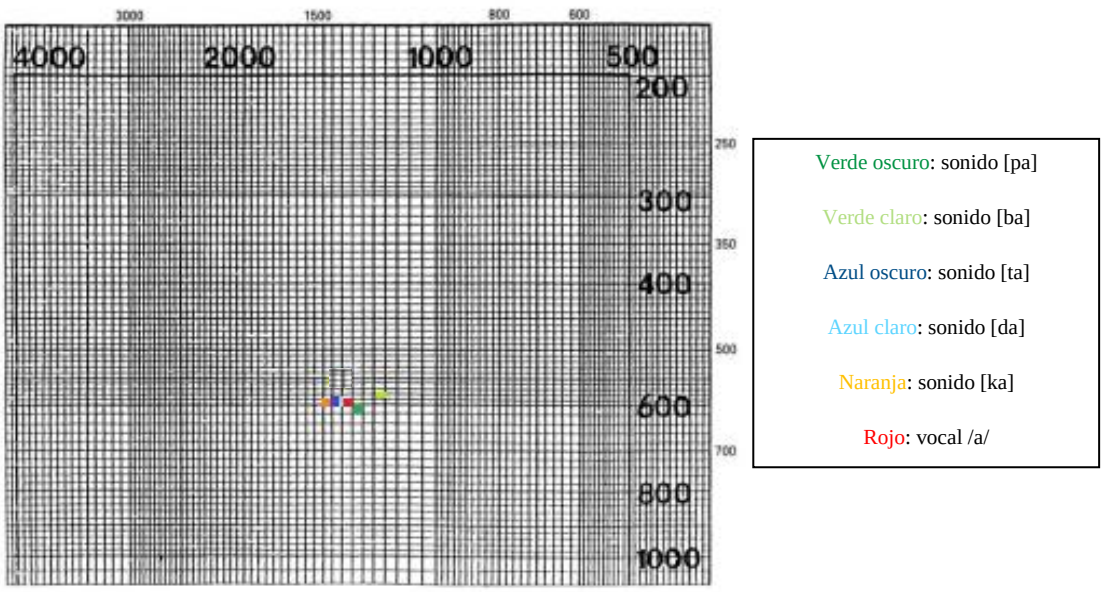


Figura 19
Comparativa de los valores medios de los sonidos oclusivos y de la vocal /a/
Fuente: elaboración propia

Tal y como se puede observar en la carta de formantes, los dos sonidos bilabiales se han emitido de forma más posterior que el valor medio de la vocal /a/, destacando sobre todo el gran retraso presente en [ba]. Por su parte, tanto las consonantes dentales como las velares se han realizado en una posición más adelantada, lo que implica que la lengua se ha posicionado más cerca del paladar duro, especialmente en el caso de la velar [ka].

Desde el punto de vista de la abertura vocálica se observa que los sonidos dentales [ta] y [da] y el velar [ka] han sido realizados de forma muy similar a la vocal, mientras que la bilabial [pa] presenta una ligera abertura. Por su parte, el sonido bilabial [ba] se ha emitido de forma más cerrada.

4.2.1. VERIFICACIÓN DE LA HIPÓTESIS GENERAL

La hipótesis con la que hemos partido en la realización de esta prueba se centraba en demostrar que el punto de articulación de una consonante interviene en la posición de la lengua desde el punto de vista articulatorio, lo que tiene su correspondencia acústica en la variación de los valores del segundo formante de la vocal.

Tras haber comprobado los datos obtenidos podemos establecer que nuestra hipótesis sí se cumple en las oclusivas bilabiales /p/ y /b/ y en las dentales /t/ y /d/. En el

primer caso, aunque los valores del segundo formante no se han visto demasiado alterados, consideramos este hecho como algo normal puesto que, tal y como se puede observar en la Figura 12, la articulación de dichas consonantes bilabiales se caracteriza porque la lengua se mantiene en una posición central dentro de la cavidad oral, lo que explica que los valores se hayan mantenido. En el segundo caso, la emisión de /t/ y /d/ en combinación con la vocal /a/ ha provocado que el valor del segundo formante de la vocal aumente, produciéndose el adelantamiento esperable (véase Figura 13).

Por el contrario, nuestra hipótesis de partida no se ha cumplido para la oclusiva velar /k/, puesto que no podemos ofrecer una explicación con los ejemplos analizados al hecho de que este sonido posea un valor igual de anterior al que ofrecen las dentales [ta] y [da]. A causa de la influencia de los efectos periféricos (véase apartado 2.3.) el contacto de la vocal con un sonido velar produce un retraso de la lengua hacia el velo del paladar (véase Figura 14), por lo que el valor de su F2 debería haber sido menor para mostrar dicho retroceso. Por lo tanto, surge la posibilidad de realizar nuevos estudios que permitan esclarecer lo que está ocurriendo ampliando el número de muestras, siendo una línea de investigación posible la toma en consideración del efecto que produce la consonante implosiva en estos casos.

4.3. PRUEBA EXPERIMENTAL III

El objetivo que se pretende alcanzar con la realización del tercer experimento es verificar si el tipo de toma en la que aparecen las muestras indubitadas[36] de los informantes (microfónica normal, microfónica rápida y telefónica) influye en los valores formánticos de la vocal /a/.

La posible variación de estos valores dependiendo del tipo de toma que se analice ha sido objeto de discusión científica en el ámbito forense en numerosas ocasiones, especialmente cuando se trata de la grabación telefónica. Tal y como señala en su estudio J. J. Jiménez Gómez (2011: 39-42), existen autores como S. Grassi, H. J. Künzel, P. Livijn, C. Byrne y P. Foulkes y A. Trawinska y M. Kajstura que "ponen en duda la utilidad de la estructura formántica de las vocales en la identificación de hablantes debido a las variaciones [en los valores de los formantes] producidas por la

[36] Una muestra indubitada es aquella que pertenece a un sujeto conocido, mientras que las dubitadas son anónimas, es decir, no se conoce la identidad de la persona que las ha realizado (C. DELGADO ROMERO, 2001: 251).

pérdida de información acústica asociadas a este medio de transmisión [el teléfono móvil]" (J. J. JIMÉNEZ GÓMEZ, 2011: 39). Ciertamente, estos autores no se equivocan al proporcionar esta opinión sobre este tipo de muestra, ya que sí es cierto que las grabaciones telefónicas presentan algunos efectos que no benefician a las tareas de Identificación de Locutores, como son los ambientales (ruidos de fondo), los propios del hablante (variaciones de registro producidos por un cambio en el canal de transmisión) y los técnicos (la grabación telefónica reduce el rango de frecuencia de los sonidos obtenidos, lo que favorece la pérdida de información que puede ser importante para identificar a un locutor[37])(C. BYRNE Y P. FOULKES ápud M. GARCÍA ANTUÑA, 2012: 7).

Por lo tanto, consideramos de gran importancia la existencia de este tipo de estudios, los cuales permiten comprobar que es necesario comparar el mismo tipo de grabación (tanto en las muestras indubitadas como en las dubitadas) durante el proceso de Identificación Forense de Locutores.

Para constatar si existen diferencias considerables entre los parámetros de ambas muestras se han tabulado los valores medios que cada uno de los informantes ha obtenido en las tres grabaciones realizadas (véase ANEXO VII).

Como se observa en los datos que aparecen en la mencionada tabla, desde el punto de vista de la abertura bucal existe un orden bastante general en la aparición de las muestras: la telefónica es la que se ha realizado con un mayor grado de abertura, le sigue la microfónica normal y en último lugar se encuentra la microfónica rápida, que se caracteriza por ser la emisión más cerrada en la mayoría de los casos. La cerrazón bucal que aparece en esta grabación se explica por el hecho de que cuando un hablante habla rápido su vocalización suele ser mucho menor que cuando ralentiza la elocución (como ocurre en las otras dos tomas), lo que implica a su vez un menor grado de abertura en la cavidad oral. A pesar de que, como ya se ha mencionado, este orden de aparición es bastante general, los informantes 2, 6 y 7 presentan una inversión en el orden de abertura, puesto que en estos tres casos la toma microfónica normal es ligeramente más cerrada que la microfónica rápida.

[37] El rango de frecuencia que se obtiene en una grabación microfónica abarca una banda comprendida entre los 100 Hz y los 7.000 Hz, mientras que en una grabación telefónica esa banda se reduce a valores entre los 300 Hz y los 4.000 Hz (C. DELGADO ROMERO, 2001: 11). Por lo tanto, no resultaría lógico que durante el proceso de Identificación de Locutores se comparasen ambas muestras por igual al no recoger valores de banda semejantes.

En cuanto al punto de articulación podemos establecer que todos los locutores presentan sus emisiones en un campo de dispersión similar, aunque llama la atención la posición sumamente adelantada que sufre la toma microfónica normal en el hablante número 5.

4.3.1. VERIFICACIÓN DE LA HIPÓTESIS GENERAL

Para verificar si nuestra hipótesis de partida ("el tipo de grabación [microfónica o telefónica] influye en los valores totales de la vocal") es cierta o no, procederemos a trasladar a una carta de formantes los valores medios totales de las tres grabaciones para poder compararlas con el valor medio de la vocal /a/ que J. J. Jiménez Gómez (2011) propone para la toma telefónica[38].

	F1 (Hz)	F2 (Hz)
Microfónica normal	571,98	1.415,66
Microfónica rápida	560,56	1.378,43
Telefónica	639,99	1.418,45
J. J. Jiménez Gómez (2011)	594	1.375

Tabla 6
Valores medios totales de las grabaciones microfónicas y telefónicas
Fuente: elaboración propia

[38] J. J. Jiménez Gómez (J. J. JIMÉNEZ GÓMEZ, 2011: 46) establece que el valor medio de la vocal /a/ en una grabación telefónica es de 594 Hz para el F1 y 1.375 Hz para el F2.

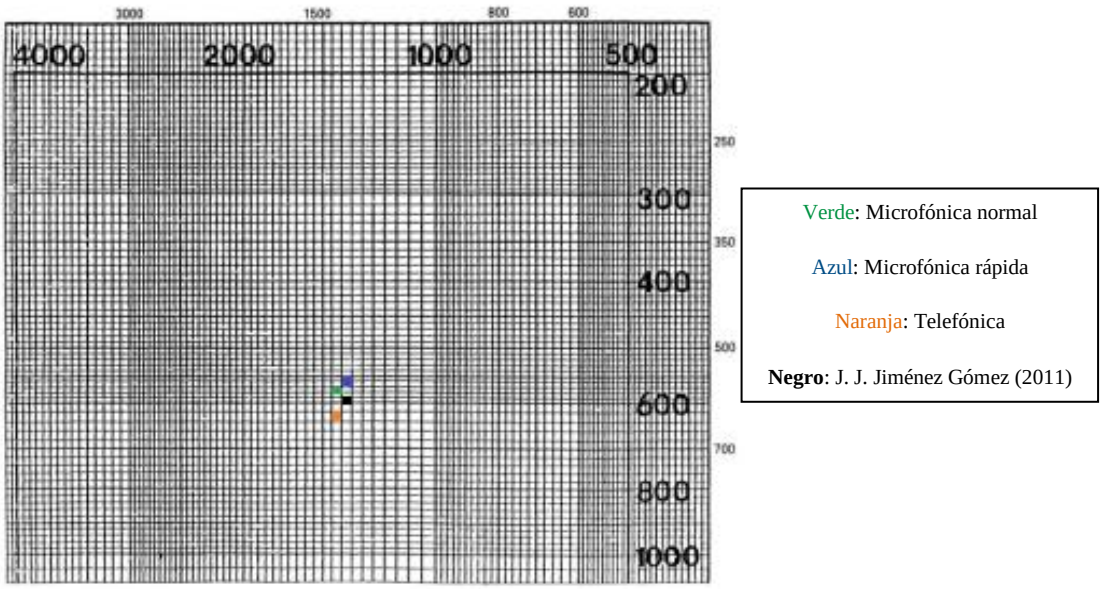


Figura 20
Valores medios totales de las grabaciones microfónicas y telefónicas
Fuente: elaboración propia

Como se puede observar en la gráfica, el valor medio de la grabación telefónica que hemos obtenido en nuestro análisis no presenta diferencias en cuanto al punto de articulación, ya que se puede ver cómo ha sido emitido en un punto articulatorio muy similar al resto (con una diferencia de apenas 43 Hz entre la emisión más anterior y la más posterior). Sin embargo, sí presenta cierta variación en los valores del primer formante debido a que es la toma que posee un mayor grado de abertura, superando incluso a la /a/ telefónica de J. J. Jiménez Gómez (2011) y rebasando en 79 Hz a la grabación microfónica rápida. Por lo tanto, en este caso también constatamos el orden de aparición en el eje de ordenadas que se producía de manera general en los valores de cada informante: la grabación telefónica es la más abierta, mientras que la microfónica rápida es la que presenta mayor cerrazón.

La existencia de las diferencias que aquí se señalan no debe llevarnos a pensar, tal y como establecieron S. Grassi y compañía, que la estructura formántica de las vocales no es útil en la Identificación Forense de Locutores. Al contrario, estas diferencias resultan muy provechosas debido a que nos subrayan la importancia de que la muestra indubitada obligatoriamente debe ser realizada en las mismas condiciones acústicas (grabación microfónica o telefónica) que la dubitada.

Por lo tanto, nuestra hipótesis de partida se confirma debido a que en una toma telefónica los valores de los formantes (especialmente los del F1) varían con respecto a los que se obtienen en la toma microfónica.

Aún así, aunque la hipótesis ha quedado confirmada deberíamos continuar ampliando nuestro corpus para comprobar si las variaciones existentes resultan o no verdaderamente significativas.

5. CONCLUSIONES

La realización del presente Trabajo Fin de Grado se ha llevado a cabo en un intento de describir articulatoria y acústicamente la vocal /a/ a partir de la realización de tres pruebas experimentales que nos permitiesen establecer sus parámetros acústicos atendiendo a:

1. Las diferencias existentes con respecto a los valores proporcionados desde el ámbito más académico (*Prueba experimental I*).
2. La influencia del contexto coarticulatorio en el que se encontrase (*Prueba experimental II*).
3. Las variaciones existentes entre las grabaciones analizadas (*Prueba experimental III*).

En relación a las hipótesis y resultados planteados para cada una de las pruebas, recordemos que en la primera partíamos del supuesto de que los valores del primer y segundo formante de la vocal obtenidos en un laboratorio desde el ámbito lingüístico -Real Academia Española (2011), E. Martínez Celdrán (1998) y A. Quilis y M. Esgueva (1983)- no se correspondían con los valores obtenidos por los informantes en un entorno forense. Contra todo pronóstico, pudimos comprobar que nuestra hipótesis de partida no era cierta, ya que los valores, aunque estaban bastante alejados en el eje de ordenadas debido a una vocalización exagerada propia de las emisiones aisladas que se realizan en un laboratorio, se encontraban dentro del mismo campo de dispersión.

La hipótesis planteada en el segundo experimento se centraba en demostrar que el punto de articulación de una consonante oclusiva (bilabiales, dentales y velar) influiría en el punto de articulación de la vocal, por lo que los valores de su segundo formante se verían afectados. Así, nuestra hipótesis quedó confirmada para las oclusivas bilabiales y dentales, mientras que en el caso de la velar [ka] no se cumplió al no encontrar una explicación ante el hecho de que presentase valores más anteriores que [ta] y [da].

La realización de la última prueba experimental partió con el objetivo de demostrar que el tipo de toma realizada por el informante (microfónica normal, microfónica rápida y telefónica) influiría en los valores formánticos de la vocal.

El resultado de este experimento mostró que nuestra hipótesis era acertada debido a que, aunque las tres muestras presentaban valores muy similares en el F2, la grabación

telefónica sí tenía valores más altos en el primer formante a causa de una mayor abertura en la cavidad bucal. Aún así, consideramos que hace falta un mayor número de estudios mediante análisis estadísticos que permitan esclarecer si estas diferencias resultan o no significativas en el proceso de Identificación de Locutores.

No queremos dejar de subrayar la importancia de que este Trabajo Fin de Grado no es más que un punto de partida para otros estudios que se puedan realizar en un futuro. Aquí únicamente se han analizado el primer y segundo formante de la vocal /a/ de 10 informantes (cantidad muy reducida que debería ser ampliada para confirmar los resultados obtenidos), por lo que, además del análisis del tercer formante de esta vocal, queda abierta la posibilidad de estudiar los 20 locutores restantes incluidos en la base de datos LOCUPOL. Todo esto sin olvidar, por supuesto, las posibilidades que ofrece el análisis de otros contextos coarticulatorios, el estudio del resto de fonemas vocálicos y consonánticos que existen en el español o incluso la investigación de las características acústicas que definen a los hablantes femeninos frente a los masculinos.

Como conclusión, es importante destacar que, aunque la existencia de este tipo de estudios descriptivos son necesarios para que la Identificación Forense de Locutores sea reconocida como una prueba científica válida y útil, el juez deberá tomar en consideración el hecho de que la identificación completa de una persona a través de su voz es imposible a causa de los efectos de variabilidad que imperan sobre ella, por lo que nunca podrá comparar sus criterios metodológicos con la fiabilidad e invariabilidad que otorgan las pruebas de ADN.

6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CENTRO VIRTUAL CERVANTES [sitio web]. *Diccionario de términos clave de ELE*. Madrid. Instituto Cervantes. (http://cvc.cervantes.es/Ensenanza/biblioteca_ele/diccio_ele/indice.htm). Consulta: 11 de mayo de 2016.

DE LUCA, S.; NAVARRO, F. Y CAMERIERE, R. (2013). "La prueba pericial y su valoración en el ámbito judicial español", en *Revista Electrónica de Ciencia Penal y Criminología*, núm. 15-19, 1-14. (http://criminet.ugr.es/recpc/15/recpc15-19.pdf). Consulta: 7 de junio de 2016.

DELGADO ROMERO, C. (2001). *La Identificación de Locutores en el ámbito forense* (Tesis doctoral). Madrid. Universidad Complutense de Madrid. (http://biblioteca.ucm.es/tesis/inf/ucm-t25153.pdf). Consulta: 9 de marzo de 2016.

DELGADO ROMERO, C. (2005). "Comentarios sobre el contexto actual de la Identificación Forense de Locutores", en TURELL, Mª. T. (coord.). *Lingüística Forense, lengua y derecho. Conceptos, métodos y aplicaciones.* Barcelona. Universitat Pompeu Fabra, 113-130.

DELGADO ROMERO, C.; MÁRQUEZ FUNES, Mª. C.; OLIVAS FERNÁNDEZ, Mª. C. Y BARRIOS ÁLVAREZ, L. (2009). "Identificación Forense de Locutores (I.F.L): Categorización de parámetros acústicos y fono-articulatorios del español", en *Revista Española de Lingüística*, vol. 39, núm. 1, 33-60. (http://sel.edu.es/rsel/index.php/revista/article/view/53/52). Consulta: 11 de mayo de 2016.

GARCÍA ANTUÑA, M. (2012). *Análisis acústico-sonográfico de las consonantes róticas (/r/ y /ɾ/) para su aplicación en entornos de estudio forense* (Trabajo fin de Máster). Alcalá de Henares. Instituto Universitario de Investigación en Ciencias Policiales. Universidad de Alcalá.

GARCÍA ANTUÑA, M. (en prensa). "Linguistic evidence in legal proceedings. An approach to Forensic Speaker Identification (F.S.I.)", en MARIOTTINI, L. Y

ORLETTI, F. (eds.). *Theories, Practices, Instruments of Forensic Linguistics*. Newcastle upon Tyne. Cambridge Scholars Publishing, 1-11.

GIL, J. (1988). *Los sonidos del lenguaje*. Madrid. Síntesis.

GIL, J. (2007). *Fonética para profesores de español: De la teoría a la práctica*. Madrid. Arco/Libros.

INTERNATIONAL PHONETIC ASSOCIATION [sitio web]. Londres. University College. (https://www.internationalphoneticassociation.org/). Consulta: 16 de mayo de 2016.

JIMÉNEZ BERNAL, M.; REIGOSA RIVEIROS, M. Y GARAYZÁBAL HEINZE, E. (2014). "La Lingüística Forense: licencia para investigar la lengua", en GARAYZÁBAL HEINZE, E.; JIMÉNEZ BERNAL, M. Y REIGOSA RIVEIROS, M. (coords.). *Lingüística Forense: la Lingüística en el ámbito Legal y Policial*. Madrid. Euphonia Ediciones, 27-47.

JIMÉNEZ GÓMEZ, J. J. (2011). "Estructura formántica y campo de dispersión de las vocales del español en telefonía móvil", en *Revista del Posgrado Oficial en Estudios Fónicos*, vol. 1, 39-58. (http://www.estudiosfonicos.cchs.csic.es/fonetica/cuadernos/index.php/estfon/article/view/7/7). Consulta: 17 de mayo de 2016.

LUCENA MOLINA, J. J. (2005). "La Acústica Forense", en *Boletines*, vol. 15, 1-11. Madrid. Instituto Universitario de Investigación sobre Seguridad Interior. (http://www.iuisi.es/15_boletines/15_2005/doc037-2005.pdf). Consulta: 2 de junio de 2016.

MANNELL, R. (2008). "Coarticulation and assimilation", en *Phonetics and phonology* [sitio web], 1-13. (https://www.researchgate.net/publication/242681658_Coarticulation_and_Assimilation). Consulta: 23 de mayo de 2016.

MARTÍNEZ CELDRÁN, E. (1998). *Análisis espectrográfico de los sonidos del habla*. Barcelona. Ariel.

QUILIS, A. (1999). *Tratado de fonología y fonética españolas*. Madrid. Gredos.

QUILIS, A. (2008). *El comentario fonológico y fonético de textos.* Madrid. Arco/Libros.

QUILIS, A. Y ESGUEVA, M. (1983). "Realización de los fonemas vocálicos españoles en posición fonética normal", en ESGUEVA, M. Y CANTARERO, M. (eds.). *Estudios de fonética I.* Madrid. CSIC, 137-252.

REAL ACADEMIA ESPAÑOLA. (2011). *Nueva gramática de la lengua española. Fonética y fonología.* Barcelona. Espasa Libros.

REAL ACADEMIA ESPAÑOLA [sitio web]. *Diccionario de la lengua española, 23ª ed.* Madrid. (http://dle.rae.es/). Consulta: 29 de febrero de 2016.

UNIVERSITY OF IOWA [sitio web]. *Sounds of speech*. Iowa. University of Iowa. (http://soundsofspeech.uiowa.edu/). Consulta: 30 de mayo de 2016.

7. ANEXOS

Anexo I: *Realizaciones analizadas de la vocal /a/* 53

Anexo II: *Selección del grupo piloto. Base de datos LOCUPOL* 85

Anexo III: *Frases balanceadas. Comisaría General de la Policía Científica* 86

Anexo IV: *Formulario del fonema /a/. Comisaría General de la Policía Científica* 87

Anexo V: *Medición errónea del primer formante por parte de PRAAT* 89

Anexo VI: *Valores medios de los sonidos oclusivos por informantes* 90

Anexo VII: *Valores medios de F1 y F2 por tomas* 91

ANEXO I: *REALIZACIONES ANALIZADAS DE LA VOCAL /a/*

Informante	Toma	Vocal	F1 (Hz)	F2 (Hz)	F3 (Hz)
1	1	1	682,69	1372,8	2426,8
1	1	2	648,79	1424,97	2217,95
1	1	3	605,64	1346,51	2307,18
1	1	4	792,5	1381,27	2441,86
1	1	5	602,37	1382,2	2461,82
1	1	6	604,23	1405,79	2365,49
1	1	7	640,74	1381	2611,2
1	1	8	594,78	1232,05	2351,8
1	1	9	676,69	1407,65	2348,51
1	1	10	620,19	1338,98	2508,76
1	1	11	733,7	1470,81	2502,99
1	1	12	582,25	1500,06	2362,41
1	1	13	587,12	1337,51	2359,91
1	1	14	588,52	1268,24	2561,64
1	1	15	538,4	1511,37	2356,09
1	1	16	648,99	1425,43	2463,71
1	1	17	666,75	1275,99	2481
1	1	18	-	-	-
1	1	19	642,68	1460,87	2509,26
1	1	20	708,23	1502,45	2410,88
1	1	21	590,87	1597,49	2310,1
1	1	22	612,24	1260,13	2337,87
1	1	23	639,14	1291,35	2547,94
1	1	24	601,07	1283,71	2329,32
1	1	25	613,04	1281,62	2355,22
1	1	26	720,49	1322,83	2323,06
1	1	27	605,87	1351,01	2480,07
1	1	28	714,84	1400,5	2526,22
1	1	29	740,49	1277,19	2571,58
1	1	30	733,7	1519,66	2574,37
1	1	31	668,2	1327,83	2355,23
1	1	32	653,37	1364,18	2571,74
1	1	33	628,82	1361,47	2410
1	1	34	655,46	1413,96	2483,14
1	1	35	660,1	1308,01	2376,21
1	1	36	507,88	1540,99	2406
1	1	37	630,79	1476,27	2474,33
1	1	38	763,1	1367,78	2500,9
1	1	39	615,2	1521,8	2403,74
1	1	40	635,95	1376,77	2290,9

Informante	Toma	Vocal	F1 (Hz)	F2 (Hz)	F3 (Hz)
1	1	41	626,11	1240,81	2329,23
1	1	42	637,39	1588,19	2306,34
1	1	43	629,15	1498,31	2544,89
1	1	44	576,95	1361,56	2301,05
1	1	45	582,01	1459,69	2282,93
1	1	46	612,61	1341,85	2380,7
1	2	1	726,75	1393,88	2496,4
1	2	2	733,22	1541,68	2346,3
1	2	3	599,58	1399,52	2415,33
1	2	4	680	1389,36	2269,51
1	2	5	576,72	1521,01	2406,23
1	2	6	668,24	1324,02	2344,75
1	2	7	642	1395,04	2620,54
1	2	8	653,03	1299,06	2331,74
1	2	9	637,78	1535,64	2459,05
1	2	10	627,43	1388,12	2606,81
1	2	11	581,26	1375,66	2486,97
1	2	12	580,38	1510,7	2413,2
1	2	13	612,96	1381,85	2339,65
1	2	14	563,69	1269,96	2530,82
1	2	15	512,67	1541,59	2461,07
1	2	16	595,08	1345,86	2453,83
1	2	17	630,53	1268,8	2383,13
1	2	18	563,81	1601,07	2677,78
1	2	19	670,85	1506,26	2496,77
1	2	20	640,1	1568,48	2347,69
1	2	21	559,84	1558,2	2323,39
1	2	22	660,87	1286,62	2466,57
1	2	23	614,53	1280,47	2518,81
1	2	24	607,9	1327,55	2444,99
1	2	25	571,06	1276,21	2356,71
1	2	26	540,6	1264,38	2373,62
1	2	27	704,2	1308,89	2454,55
1	2	28	626,11	1412,57	2438,09
1	2	29	622,93	1285,69	2440,07
1	2	30	598,73	1575,5	2519,39
1	2	31	644,49	1301,54	2390,77
1	2	32	607,12	1365,5	2435,84
1	2	33	553,39	1402,8	2447,62
1	2	34	642,6	1535,59	2487,13
1	2	35	605,62	1276,66	2361,25
1	2	36	569,02	1559,79	2388,6
1	2	37	591,29	1450,32	2436,96
1	2	38	590,63	1437,13	2272,9

Informante	Toma	Vocal	F1 (Hz)	F2 (Hz)	F3 (Hz)
1	2	39	636,27	1514,24	2434,95
1	2	40	701,09	1448,79	2478,7
1	2	41	630,6	1291,45	2277,5
1	2	42	664,18	1455,89	2206,54
1	2	43	577,07	1522,24	2553,37
1	2	44	617,61	1351,75	2254,31
1	2	45	528,15	1437,81	2391,04
1	2	46	571,83	1337,72	2369,89
1	3	1	689,5	1402,68	2442,24
1	3	2	707,6	1470,12	2358,28
1	3	3	689,5	1424,81	2419,38
1	3	4	763,4	1409,3	2490,82
1	3	5	690,43	1469,93	2383,71
1	3	6	645,4	1272,56	2309,27
1	3	7	674,8	1386,92	2544,5
1	3	8	630,6	1205.88	2305,47
1	3	9	660,1	1538,19	2427,36
1	3	10	674,8	1402,56	2607
1	3	11	674,8	1355,69	2319,31
1	3	12	645,4	1360,96	2335,5
1	3	13	704,2	1332,06	2491,37
1	3	14	645,4	1317,63	2389,92
1	3	15	603,01	1485,11	2330,12
1	3	16	651,89	1372,73	2407,84
1	3	17	670,43	1300,68	2531,11
1	3	18	727,95	1601,76	2596,81
1	3	19	707,13	1460,52	2465,69
1	3	20	691,85	1459,84	2400,67
1	3	21	695,21	1568,21	2297,26
1	3	22	689,06	1294,76	2449,48
1	3	23	635,6	1272,11	2556,28
1	3	24	634	1298,48	2483,34
1	3	25	633,45	1313,4	2500,05
1	3	26	726,54	1419,85	2523,27
1	3	27	-	-	-
1	3	28	689,23	1359,2	2534,38
1	3	29	660,18	1334,44	2508,09
1	3	30	763,4	1568,61	2597,1
1	3	31	694,15	1398,21	2214,66
1	3	32	657,82	1336,43	2525,85
1	3	33	649,73	1394,83	2380,79
1	3	34	644,39	1419,4	2442,19
1	3	35	671,66	1385,27	2439,35
1	3	36	673,01	1539,1	2513,01

Informante	Toma	Vocal	F1 (Hz)	F2 (Hz)	F3 (Hz)
1	3	37	689,82	1522,55	2519,31
1	3	38	784,14	1432,25	2519,02
1	3	39	708,74	1559,61	2626,86
1	3	40	726,35	1526,19	2530,19
1	3	41	653,29	1300,81	2325,92
1	3	42	640,78	1490,71	2342,54
1	3	43	654	1542,7	2589,92
1	3	44	650,59	1430	2334,7
1	3	45	693,96	1483,73	2312,04
1	3	46	727,25	1398,71	2511,24
2	1	1	598,99	1272,88	2427,49
2	1	2	561,32	1346,07	2338,11
2	1	3	594,11	1352,11	2615,99
2	1	4	550,17	1345,51	2527,89
2	1	5	580,19	1397,28	2540,4
2	1	6	550,44	1236,64	2328,73
2	1	7	548,5	1416,66	2763,06
2	1	8	535,27	1207,24	2462,17
2	1	9	554,17	1361,19	2387,27
2	1	10	553,76	1236,65	2572,53
2	1	11	512	1347,95	2318,13
2	1	12	527,2	1387,33	2273,38
2	1	13	521,5	1235,48	2403,02
2	1	14	489,35	1294,17	2523,48
2	1	15	518,46	1481,43	2535,94
2	1	16	635,86	1416,15	2649,93
2	1	17	660,1	1215	2352,23
2	1	18	451,21	1459,24	2217,19
2	1	19	579,31	1395,88	2527,34
2	1	20	591,23	1414,98	2174,27
2	1	21	567,78	1433,73	2286,17
2	1	22	603,69	1315,35	2508,26
2	1	23	523,2	1286,99	2680,5
2	1	24	548,84	1362,13	2568,14
2	1	25	493,44	1467,02	2517,47
2	1	26	560,37	1325,42	2378,17
2	1	27	565,61	1438,32	2421,14
2	1	28	543,42	1362,49	2455,53
2	1	29	540,1	1329,44	2196,14
2	1	30	553,94	1456,36	2482,28
2	1	31	542,18	1332,56	2443,09
2	1	32	575,25	1357,37	2248,82
2	1	33	464,76	1322,57	2139,82
2	1	34	565,7	1436,03	2400,72

Informante	Toma	Vocal	F1 (Hz)	F2 (Hz)	F3 (Hz)
2	1	35	535,48	1200,57	2405,25
2	1	36	528,33	1483,63	2585,28
2	1	37	539,49	1476,2	2646,25
2	1	38	523,34	1321,44	2518,99
2	1	39	529,57	1526	2490,12
2	1	40	514,59	1486,43	2378,15
2	1	41	499,24	1169,3	2497,15
2	1	42	568,93	1417,99	2340,84
2	1	43	500,86	1480,4	2670,72
2	1	44	557,92	1383,44	2411,16
2	1	45	521,87	1495,07	2337,87
2	1	46	410,34	1356,85	2288,56
2	2	1	633,92	1304,16	2489,76
2	2	2	616,66	1369,16	2375,94
2	2	3	637,8	1369,6	2633,92
2	2	4	608,65	1429,3	2566,46
2	2	5	571,16	1413,67	2503,77
2	2	6	564,45	1273,56	2391,52
2	2	7	569,06	1270,63	2527,38
2	2	8	540,22	1187,54	2496,04
2	2	9	531,94	1391,23	2655,76
2	2	10	556,93	1307,5	2584,11
2	2	11	552,06	1431,66	2420,67
2	2	12	553,02	1428,7	2386,95
2	2	13	580,34	1299,41	2505,67
2	2	14	546,83	1260,43	2569,03
2	2	15	502,99	1468,82	2589,48
2	2	16	625,03	1369,46	2648,42
2	2	17	545,23	1245,89	2409,25
2	2	18	596,11	1343,77	2395,71
2	2	19	611,75	1320,91	2537,33
2	2	20	586,7	1441,14	2357,34
2	2	21	580,34	1397,88	2412,37
2	2	22	589,86	1349,63	2551,57
2	2	23	510,01	1240,82	2602,56
2	2	24	529,47	1323,87	2718,79
2	2	25	532,55	1368,63	2496,21
2	2	26	573,01	1243,69	2509,25
2	2	27	607,73	1399,39	2573,74
2	2	28	557,98	1347,35	2591,66
2	2	29	558,07	1274,82	2414,89
2	2	30	532,83	1398,14	2533,07
2	2	31	590,05	1390,89	2509,4
2	2	32	569,57	1322,19	2403,54

Informante	Toma	Vocal	F1 (Hz)	F2 (Hz)	F3 (Hz)
2	2	33	577,43	1381,93	2291,98
2	2	34	573,95	1287,97	2454,8
2	2	35	544,09	1225,22	2357,66
2	2	36	515,89	1534,03	2657,75
2	2	37	553,4	1409,66	2658,76
2	2	38	538,58	1345,2	2439,81
2	2	39	570,79	1465,43	2603,47
2	2	40	570,45	1385,64	2867,39
2	2	41	519,23	1151,74	2502,53
2	2	42	542,43	1459,91	2473,62
2	2	43	563,75	1433,87	2637,85
2	2	44	557,97	1329,47	2471,21
2	2	45	550,17	1407,06	2575,09
2	2	46	584,34	1375,93	2440,07
2	3	1	704,2	1415,56	2461,13
2	3	2	674,8	1367,15	2176,96
2	3	3	601,2	1293,84	2529,31
2	3	4	733,7	1352,75	2420,15
2	3	5	689,5	1352,97	2323,55
2	3	6	645,4	1278,19	2405,48
2	3	7	615,9	1293,66	-
2	3	8	586,05	1205,47	2460,04
2	3	9	703,03	1456,25	2626,88
2	3	10	721,05	1323,99	2425,23
2	3	11	571,8	1367,22	2351,93
2	3	12	586,5	1449,11	2265,7
2	3	13	660,1	1322,85	2562,56
2	3	14	571,8	1219,74	2526,13
2	3	15	586,5	1484	2581,14
2	3	16	686,78	1448,5	2345,14
2	3	17	660,1	1278,21	2358,67
2	3	18	712,38	1518,65	2355,3
2	3	19	732,66	1486,51	2467,89
2	3	20	777,05	1476,76	2267,2
2	3	21	747,15	1494,85	2262,74
2	3	22	683,73	1302,26	2437,46
2	3	23	571,8	1234,58	2612,61
2	3	24	586,5	1426,68	2741,25
2	3	25	542,3	1504,65	2388,56
2	3	26	615,9	1278,32	2261,44
2	3	27	758,07	1557,81	2455,42
2	3	28	615,9	1481,94	2552,22
2	3	29	571,8	1308,46	2294
2	3	30	644,22	1547,94	2575,21

Informante	Toma	Vocal	F1 (Hz)	F2 (Hz)	F3 (Hz)
2	3	31	718,97	1442,37	2466,82
2	3	32	557,47	1422,82	2355,15
2	3	33	527,6	1488,39	2292,35
2	3	34	512,9	1385,41	2408,54
2	3	35	645,4	1219.91	2334,42
2	3	36	718,13	1470,7	2322,85
2	3	37	670,85	1484,26	2560,32
2	3	38	588,63	1501,71	2404,54
2	3	39	660,1	1523,36	2384,53
2	3	40	709,68	1458,05	2355,04
2	3	41	542,3	1205.66	2413,46
2	3	42	601,2	1558,6	2350,46
2	3	43	705,01	1564,48	2647,93
2	3	44	557,45	1459,95	2450,6
2	3	45	571,8	1481,19	2298,52
2	3	46	719,88	1490,99	2366,69
3	1	1	623,74	1289,41	2345,57
3	1	2	540,37	1418,62	2208,61
3	1	3	620,22	1262,47	2458,28
3	1	4	611,48	1358,52	2506,7
3	1	5	591,16	1375,08	2783,17
3	1	6	614,53	1266	2458,38
3	1	7	626,84	1268,2	2381,98
3	1	8	-	-	-
3	1	9	614,38	1403,12	2538,09
3	1	10	626,01	1354,47	2530,81
3	1	11	568,8	1456,88	2433,41
3	1	12	558,16	1679,38	2531,08
3	1	13	547,18	1177,08	2273,03
3	1	14	575,88	1454,68	2324,1
3	1	15	519,08	1531,24	2513,13
3	1	16	609,34	1408,71	2352,85
3	1	17	576,03	1292,09	2317,43
3	1	18	585	1584,72	2429,15
3	1	19	560,65	1623,91	2374,91
3	1	20	611,29	1442,79	2455,71
3	1	21	613,52	1505,92	2355,32
3	1	22	619,22	1249,87	2404,91
3	1	23	620,95	1183,86	2804,79
3	1	24	579,85	1145,79	2687,52
3	1	25	552,82	1415,61	2143,91
3	1	26	607,68	1340,07	2426,8
3	1	27	-	-	-
3	1	28	-	-	-

Informante	Toma	Vocal	F1 (Hz)	F2 (Hz)	F3 (Hz)
3	1	29	604,79	1140.49	2326,51
3	1	30	552,05	1495,12	2426,68
3	1	31	593,22	1566,27	2348,18
3	1	32	601,92	1264,45	2305,14
3	1	33	547,64	1430,11	2279,66
3	1	34	610,98	1290,98	2306,23
3	1	35	597,9	1130,84	2188,31
3	1	36	597,11	1568,1	2667,23
3	1	37	611,61	1564,22	2591,24
3	1	38	587,14	1399,58	2455,29
3	1	39	533,66	1573,14	2267,25
3	1	40	661,61	1469,4	2468,91
3	1	41	597,25	-	2386,46
3	1	42	620,35	1440,55	2231,03
3	1	43	535,65	1545,12	2681,1
3	1	44	604,26	1570,59	2337,15
3	1	45	545,97	1516,81	2308,09
3	1	46	617,33	1399,08	2376,66
3	2	1	596,39	1331,84	2263,66
3	2	2	527,31	1532,9	2277,98
3	2	3	577,89	1441,28	2533,76
3	2	4	642,53	1376,83	2516,1
3	2	5	590,14	1336,1	2550,92
3	2	6	636,2	1162,17	2502,04
3	2	7	617,45	1336,21	2587,61
3	2	8	552,64	1126,4	2154,99
3	2	9	596,55	1424,37	2616,99
3	2	10	584,84	1445,35	2406,48
3	2	11	590,66	1286,92	2458,77
3	2	12	582,97	1399,53	2289,27
3	2	13	546,19	1388,42	2613,31
3	2	14	470,63	1497,9	2218,73
3	2	15	471,19	1452,98	2530,53
3	2	16	613,92	1366,15	2256,55
3	2	17	608,4	-	2531,48
3	2	18	619,1	1563,14	2407,01
3	2	19	596,01	1514,89	2290,27
3	2	20	611,17	1500,53	2278,91
3	2	21	603,93	1472,63	2311,94
3	2	22	645,98	1313,93	2700,36
3	2	23	614,99	1277,21	2989,83
3	2	24	558,16	1253,36	2670,31
3	2	25	554,18	1322,97	2082,54
3	2	26	595,54	1274,09	2323,95

Informante	Toma	Vocal	F1 (Hz)	F2 (Hz)	F3 (Hz)
3	2	27	567,88	1345,64	2343,68
3	2	28	640,61	1324,81	2493,54
3	2	29	618,69	1239,1	2372,95
3	2	30	-	-	-
3	2	31	503,6	1303,11	2213,8
3	2	32	689,97	1381,39	2256,75
3	2	33	623,14	1466,05	2265,32
3	2	34	634,57	1164,96	2284,57
3	2	35	583,29	1105,19	2203,45
3	2	36	556,97	1418,42	2403
3	2	37	614,89	1428,31	2559,56
3	2	38	522,44	1668,6	2312,42
3	2	39	576,41	1351,05	2350,25
3	2	40	598,94	1381,81	2407,09
3	2	41	558,03	1210,21	2247,17
3	2	42	570,48	1421,11	2178,06
3	2	43	540,48	1625,45	2596,06
3	2	44	577,68	1532,26	2310,02
3	2	45	600,97	1482,9	-
3	2	46	572,98	1418,88	2414,48
3	3	1	713,4	1455,17	2345,82
3	3	2	747,68	1470,63	2221,64
3	3	3	687,56	1242,64	2406,8
3	3	4	722,73	1400,3	2412,46
3	3	5	639,79	1470,11	2387,64
3	3	6	601,2	1219,99	2262,04
3	3	7	726,12	1407,75	2351,72
3	3	8	679,94	1201,97	2277,28
3	3	9	632,81	1595,74	2354,1
3	3	10	668,39	1395,22	2332,65
3	3	11	655,09	1440,06	2373,7
3	3	12	601,2	1558,78	2294,12
3	3	13	732,94	1411,97	2248,2
3	3	14	561,1	1527,55	2317,16
3	3	15	651,58	1433,9	2426,13
3	3	16	679,04	1264,79	2459,14
3	3	17	744,78	1293,03	2073,26
3	3	18	-	-	-
3	3	19	698,27	1396,47	2318,35
3	3	20	645,4	1401,53	2261,39
3	3	21	699,88	1570,62	2236,35
3	3	22	707,76	1354,49	2396,46
3	3	23	661,29	1301,13	2516,32
3	3	24	645,23	1490,09	2388,97

Informante	Toma	Vocal	F1 (Hz)	F2 (Hz)	F3 (Hz)
3	3	25	-	-	-
3	3	26	700,39	1299,58	2171,58
3	3	27	623,54	1528,11	2344,51
3	3	28	671,1	1367,17	2320,82
3	3	29	660,34	1266,59	2500,23
3	3	30	560,3	1587,25	2439,6
3	3	31	630,6	1308,71	2308,67
3	3	32	647,91	1411,01	2307,28
3	3	33	615,9	1322,36	2332,03
3	3	34	702,94	1323,65	2270,09
3	3	35	615,9	1205,69	2100,93
3	3	36	609,66	1611,76	2513,05
3	3	37	705,13	1485,72	2386,09
3	3	38	-	-	-
3	3	39	613,23	1470,44	2404,65
3	3	40	723,18	1455,3	2400,9
3	3	41	601,2	1131,58	2449,17
3	3	42	686,67	1455,98	2346,19
3	3	43	615,58	1396,67	2501,23
3	3	44	586,5	-	2306,03
3	3	45	628,38	1463,59	2374,21
3	3	46	660,1	1293,45	2336,2
4	1	1	-	-	-
4	1	2	-	-	-
4	1	3	-	-	-
4	1	4	-	-	-
4	1	5	548,05	1400,45	2481,17
4	1	6	570,02	1187,38	2550,77
4	1	7	521,27	1369,44	2730,94
4	1	8	522,3	1118,11	2435,04
4	1	9	561,38	1389,28	2634,43
4	1	10	570,7	1300,93	2659,59
4	1	11	480,91	1259,23	2336,56
4	1	12	453,62	1562,32	2354,35
4	1	13	547,2	1170,86	2428,16
4	1	14	515,43	1426,7	2536,05
4	1	15	424,73	1403,06	2420,8
4	1	16	570,47	1342,44	2539,25
4	1	17	566,94	1263,7	2417,5
4	1	18	532,29	1544,39	2484
4	1	19	527,72	1257,66	2545,16
4	1	20	541,11	1474,18	2313,41
4	1	21	543,9	1510,31	2360,07
4	1	22	595,51	1189,81	2590,7

Informante	Toma	Vocal	F1 (Hz)	F2 (Hz)	F3 (Hz)
4	1	23	557,91	1222,06	2681,78
4	1	24	556,04	1216,34	2658,69
4	1	25	499,01	1206,33	2515,16
4	1	26	580,19	1289,77	2293,54
4	1	27	564,27	1369,95	2455,5
4	1	28	577,89	1353,28	2442,33
4	1	29	567,87	1343,43	2341,82
4	1	30	491,87	1454,44	2620,64
4	1	31	559,55	1231,83	2455,98
4	1	32	550,6	1350,96	2441,94
4	1	33	528,48	1372,79	2260,65
4	1	34	545,87	1327,73	2383,53
4	1	35	551,85	1165,56	2391,09
4	1	36	559,02	1478,51	2727,18
4	1	37	545,93	1464,37	2607,3
4	1	38	669,25	1266,26	2705,99
4	1	39	553,76	1419,5	2559,61
4	1	40	617,79	1460,21	2634,26
4	1	41	552,6	1139,9	2470,7
4	1	42	529,3	1484,17	2316,45
4	1	43	472,88	1409,96	2804,13
4	1	44	500,47	1372,11	2494,63
4	1	45	472,22	1386,65	2595,98
4	1	46	541,52	1206,86	2516,33
4	2	1	624,68	1405,41	2460,6
4	2	2	553,14	1505,19	2379,22
4	2	3	552,48	1273,77	2396,68
4	2	4	546,55	1393,78	2395,2
4	2	5	529,47	1508,87	2467,83
4	2	6	564,7	1246,19	2400,29
4	2	7	521,81	1393,23	2699,06
4	2	8	539,91	1137,38	2362,29
4	2	9	566,92	1461,89	2584,4
4	2	10	567,99	1284,22	2616,16
4	2	11	481,4	1210,83	1973,18
4	2	12	451,31	1473,73	2506,87
4	2	13	548,73	1162,55	2324,45
4	2	14	500,91	1413,73	2280,69
4	2	15	436,06	1425,51	2628,62
4	2	16	591,07	1337,42	2467,41
4	2	17	570,98	1240,7	2344,07
4	2	18	568,62	1491,01	2401,75
4	2	19	560,57	1321,02	2428,23
4	2	20	534,7	1496,18	2287,74

Informante	Toma	Vocal	F1 (Hz)	F2 (Hz)	F3 (Hz)
4	2	21	488,85	1419,58	2237,5
4	2	22	514,59	1136,28	2378,33
4	2	23	542,67	1173,2	2600,24
4	2	24	546,48	1313,87	2696,86
4	2	25	482,39	1346,65	2425,84
4	2	26	553,96	1427,23	2303,85
4	2	27	579,18	1420,25	2215,14
4	2	28	589,53	1451,24	2122,71
4	2	29	550,86	1338,1	2225,58
4	2	30	494,65	1518,15	2514,98
4	2	31	570,1	1214,02	2375
4	2	32	551,35	1355,81	2317,79
4	2	33	514,42	1382,35	2390,71
4	2	34	537,38	1388,7	2462,71
4	2	35	530,8	1161,72	2383,51
4	2	36	486,46	1515,34	2609,09
4	2	37	524,44	1424,9	2566,28
4	2	38	460,2	1425,57	2604,14
4	2	39	522,42	1479,29	2458,52
4	2	40	556,49	1431,96	2627,66
4	2	41	478	1062,45	2449,87
4	2	42	497,5	1402,57	2119,92
4	2	43	481,56	1488,67	2827,51
4	2	44	484,3	1304,55	2385,75
4	2	45	463,14	1471,07	2755,88
4	2	46	580,69	1278,33	2428,48
4	3	1	596,54	1514,39	2332,15
4	3	2	540,1	1589,9	2331,24
4	3	3	558,7	1361,39	2475,85
4	3	4	633,2	1359,48	2604,09
4	3	5	543,13	1409,95	2561,21
4	3	6	595,02	1266,35	2406,89
4	3	7	642,07	1355,79	2327
4	3	8	543,79	1196,26	2461,02
4	3	9	675,88	1379,71	2532,85
4	3	10	655,41	1322,88	2388,84
4	3	11	484,3	1210,04	2508,17
4	3	12	521,5	1825,05	2382,47
4	3	13	695,48	1255,98	2338,72
4	3	14	676,83	1411,06	2347,6
4	3	15	613,45	1356,43	2417,38
4	3	16	600,96	1255,9	2457,46
4	3	17	557,73	1296,28	2336,96
4	3	18	763,4	1637,47	2384,49

Informante	Toma	Vocal	F1 (Hz)	F2 (Hz)	F3 (Hz)
4	3	19	614,6	1361,13	2504,87
4	3	20	633,2	1465,9	2269,38
4	3	21	577,41	1430,25	2325,35
4	3	22	651,8	1274,09	2603,12
4	3	23	687,27	1221,02	2622,93
4	3	24	663	1276,81	2647,76
4	3	25	502,9	1117,73	2862,76
4	3	26	689,46	1374,39	2196,06
4	3	27	620,14	1333,59	2341,14
4	3	28	631,33	1362,99	2377,84
4	3	29	614,06	1327,74	2290,47
4	3	30	651,8	1442,6	2614,71
4	3	31	598,29	1319,17	2363,08
4	3	32	577,45	1321,43	2304,57
4	3	33	579,13	1371,18	2267,39
4	3	34	601,59	1392,22	2412,96
4	3	35	521,57	1191,26	2348,1
4	3	36	639,11	1520,51	2475,29
4	3	37	663,06	1457,83	2548,67
4	3	38	652,8	1289,02	2480,43
4	3	39	613,61	1451,6	2466,92
4	3	40	673,42	1467,89	2496,35
4	3	41	539,9	1173,45	2371,38
4	3	42	577,48	1461,1	2231,12
4	3	43	619,76	1467,02	2644,99
4	3	44	597,12	1424,22	2385,98
4	3	45	651,95	1379,98	2352,22
4	3	46	670,4	1292,99	2607,2
5	1	1	517,85	1413,26	2485,41
5	1	2	590,81	1493,5	2245,34
5	1	3	479,6	1442,92	2252,98
5	1	4	531,97	13002,6	2312,88
5	1	5	519,33	1403,72	2386,94
5	1	6	651,8	1284,33	2681,12
5	1	7	531,98	1396,32	2215,12
5	1	8	558,7	1284,51	2292,75
5	1	9	544,09	1408,59	2196,78
5	1	10	651,8	1217,27	2317,39
5	1	11	502,95	1346.68	2369,54
5	1	12	577,4	1452	2122,53
5	1	13	514,6	1322,47	2273,39
5	1	14	-	-	-
5	1	15	458,68	1376,49	2327,12
5	1	16	549,29	1357,48	2424,89

Informante	Toma	Vocal	F1 (Hz)	F2 (Hz)	F3 (Hz)
5	1	17	595,25	1213,61	2482,6
5	1	18	540,1	1452,76	2420,13
5	1	19	651,8	1359,09	2215,4
5	1	20	555,48	1462,66	2361,69
5	1	21	469,08	1460,84	2179,73
5	1	22	507,53	1306,66	2470,52
5	1	23	535,8	1253,23	2252,71
5	1	24	565,7	1310,23	2234,25
5	1	25	533,39	1386,36	2367.61
5	1	26	516,5	1334,14	2141,75
5	1	27	548,87	1299,19	2103,56
5	1	28	558,7	1378,31	2215,23
5	1	29	516,54	1295,67	2085,76
5	1	30	497,71	1519,42	2488,21
5	1	31	613,74	1335,94	2215,09
5	1	32	562,52	1297,68	2196,39
5	1	33	528,24	1350,29	-
5	1	34	491,85	1376,12	2359,91
5	1	35	551,59	1210,8	2047,55
5	1	36	578,84	1411,74	2234,64
5	1	37	499,47	1438,89	2327.08
5	1	38	670,4	1322,76	2215,04
5	1	39	502,9	1545,77	2475,61
5	1	40	558,7	1415,64	2457,99
5	1	41	516,08	1344,65	2122,37
5	1	42	487,8	1372,64	2066,12
5	1	43	489,02	1420,39	2438,45
5	1	44	550,19	1362,24	2345,74
5	1	45	469,95	1403,66	2103,08
5	1	46	582,52	1396	-
5	2	1	-	-	-
5	2	2	614,6	1359,49	2159,88
5	2	3	486,46	1385,38	2265,93
5	2	4	471,36	1232,13	2278,26
5	2	5	481,05	1356,33	2215,66
5	2	6	542,06	1224,67	2267,39
5	2	7	475,54	1394,55	2576,19
5	2	8	523,62	1191,37	2468,12
5	2	9	494,15	1397,34	2207,57
5	2	10	529,41	1264,86	2342,4
5	2	11	516,25	1244,46	-
5	2	12	431,36	1509,12	2152,38
5	2	13	454,86	1266,11	2225,64
5	2	14	432,31	1317,97	2099,61

Informante	Toma	Vocal	F1 (Hz)	F2 (Hz)	F3 (Hz)
5	2	15	469,06	1312,15	2251,36
5	2	16	527,36	1344,47	2327,15
5	2	17	581,19	1213,73	2445,96
5	2	18	549,5	1489,77	2122,59
5	2	19	509,41	1409,23	2401,67
5	2	20	484,52	1471,88	2252,43
5	2	21	484,3	1489,06	2122,9
5	2	22	469,31	1266,09	2330,65
5	2	23	525,05	1232,45	2427,16
5	2	24	537,59	1311,27	2396,89
5	2	25	500,58	1372,27	2510,41
5	2	26	545,27	1396,66	2098,16
5	2	27	575,34	1322,4	2401,23
5	2	28	487,95	1433,05	2241,41
5	2	29	492,93	1254,14	2196,06
5	2	30	503,91	1508,02	2401,91
5	2	31	591,48	1377,53	2246,95
5	2	32	478,28	1174,85	2278,08
5	2	33	527,53	1380,8	2228,25
5	2	34	614,6	1328,64	2276,06
5	2	35	543,11	1210,1	2145,63
5	2	36	577,07	1396,2	2456,95
5	2	37	472,44	1458,07	2307,65
5	2	38	540,1	1433,1	2364,88
5	2	39	514,78	1487,15	2629,9
5	2	40	493,36	1401,66	2420,2
5	2	41	540,1	1284,57	2209,55
5	2	42	474,84	1352,28	2052,64
5	2	43	471,83	1367,57	2443,08
5	2	44	465,7	1359,8	2382,33
5	2	45	441,66	1336,71	2183,34
5	2	46	560,28	1286,62	2351,24
5	3	1	596,08	1357,56	2425,3
5	3	2	558,7	1415,55	2178,08
5	3	3	590,3	1340,65	2085,39
5	3	4	577,4	1430,96	2234,52
5	3	5	614,6	1433,95	2122,98
5	3	6	579,21	1303,54	2193,63
5	3	7	521,5	1445,93	2451,46
5	3	8	540,1	1191,78	2153,5
5	3	9	580,63	1452,02	2204,2
5	3	10	597,18	1317,65	2340,86
5	3	11	578,56	1398,54	2385,58
5	3	12	633,2	1526,81	2141,22

Informante	Toma	Vocal	F1 (Hz)	F2 (Hz)	F3 (Hz)
5	3	13	651,8	1247,31	2253,99
5	3	14	596,27	1503,54	2348,1
5	3	15	600,37	1430,22	2408,39
5	3	16	577,4	1396,63	2320,59
5	3	17	575,74	1251,34	2234,5
5	3	18	581,1	1540,59	2228,83
5	3	19	614,62	1459,61	2569,09
5	3	20	600,96	1536,39	2249,41
5	3	21	633,2	1510,19	2122,37
5	3	22	521,5	1411,75	-
5	3	23	558,7	1243,16	2428,09
5	3	24	577,4	1329,03	-
5	3	25	610,06	1378,64	2513,17
5	3	26	556,83	1472,65	2053,01
5	3	27	-	-	-
5	3	28	559,75	1393,49	2178,59
5	3	29	610,04	1303,67	2103,12
5	3	30	570,13	1509,61	2401,36
5	3	31	635,42	1378	2047,3
5	3	32	558,7	1284,75	2308,62
5	3	33	615,46	1452,29	2141,41
5	3	34	630,17	1361,07	2196
5	3	35	540,1	1173,54	2045,97
5	3	36	576,3	1498,26	2382,78
5	3	37	569,28	1522,03	2235,33
5	3	38	635,65	1340,11	2145,74
5	3	39	558,7	1513,31	2397,4
5	3	40	540	1485,08	2278,28
5	3	41	558,7	1284,19	2196,61
5	3	42	613,13	1471,22	2103,6
5	3	43	622,98	1509,6	2368,18
5	3	44	561,87	1322,9	2457,03
5	3	45	651,65	1465,48	2122,5
5	3	46	596,16	1340,68	2215,3
6	1	1	528,34	1372,45	2422,57
6	1	2	574,33	1526,78	2251,66
6	1	3	542,52	1275,65	2313,81
6	1	4	509,39	1280,68	2215,34
6	1	5	571,03	1508,79	2419,52
6	1	6	558,7	1284,56	2525,31
6	1	7	513,82	1396,47	2505,09
6	1	8	479,58	1230,55	-
6	1	9	578,19	1382,79	2401,6
6	1	10	579,57	1302,36	2531,08

Informante	Toma	Vocal	F1 (Hz)	F2 (Hz)	F3 (Hz)
6	1	11	563,37	1452,45	2454,96
6	1	12	540,48	1545,73	2358,83
6	1	13	446,94	1284,99	2302,21
6	1	14	513,69	1380,27	2451,33
6	1	15	503,45	1433,71	-
6	1	16	572,3	1430,69	2467,99
6	1	17	571,51	1390,81	2545,25
6	1	18	-	-	-
6	1	19	572,82	1353,77	2616,87
6	1	20	511,96	1461,8	2331,73
6	1	21	596,35	1545,09	2345,7
6	1	22	472,02	1378,5	2200,79
6	1	23	547,8	1359,63	-
6	1	24	549,75	1360,46	2608,69
6	1	25	513,56	1377,91	2516,82
6	1	26	540,63	1395,03	2066,85
6	1	27	540,1	1433,2	2272,19
6	1	28	545,04	1471,66	2271,48
6	1	29	534,14	1415,15	2494,68
6	1	30	536,54	1440,92	2385,33
6	1	31	574,55	1435,13	2460,98
6	1	32	567,55	1363,7	2361,6
6	1	33	546,79	1430,63	2475
6	1	34	509,79	1380,32	-
6	1	35	565,27	1266,9	2389,22
6	1	36	614,6	1545,06	2570,11
6	1	37	548,1	1411,34	2390,06
6	1	38	504,57	1382,24	2595,72
6	1	39	633,2	1489,83	2460,05
6	1	40	651,8	1508,03	2404,86
6	1	41	551,24	1303,59	2487,66
6	1	42	568	1403,53	2385,94
6	1	43	613,2	1489,1	2522,62
6	1	44	530,72	1305,58	2520,6
6	1	45	540,1	1452,01	2513,7
6	1	46	504,32	1396,27	2381,93
6	2	1	533,57	1508,13	2443,82
6	2	2	689	1489,36	2255,58
6	2	3	600,14	1247,15	2339,44
6	2	4	614,6	1415,6	2159,26
6	2	5	573,96	1508,02	2328,23
6	2	6	518,11	1266,9	2414,79
6	2	7	651,8	1359,71	2550,35
6	2	8	633,2	1270,21	2513,87

Informante	Toma	Vocal	F1 (Hz)	F2 (Hz)	F3 (Hz)
6	2	9	571,98	1452,58	2441,43
6	2	10	531,86	1203,05	2587,96
6	2	11	545,03	1360,9	2421,63
6	2	12	538,69	1361,64	2455,72
6	2	13	651,8	1266,27	2466,89
6	2	14	520,78	1309,12	2519,98
6	2	15	577,4	1396,06	2504,2
6	2	16	568,41	1400,97	2474,47
6	2	17	559,18	1303,55	2507,27
6	2	18	551,8	1466,22	2429,29
6	2	19	546,75	1344,65	2618,1
6	2	20	577,4	1452,15	2207,02
6	2	21	610,5	1472,49	2329,33
6	2	22	633,2	1340,7	2105,05
6	2	23	514,17	1195,03	2559,95
6	2	24	555,01	1265,65	2558,85
6	2	25	525,74	1415,1	2477,45
6	2	26	670,4	1247,9	2087,42
6	2	27	689,12	1273,17	2314,56
6	2	28	651,8	1325,6	2413,27
6	2	29	562,54	1378,14	2494,1
6	2	30	527,32	1246,63	2159,82
6	2	31	546,13	1324,75	2401,99
6	2	32	566,23	1340,33	2347,14
6	2	33	534,25	1398,58	2464,33
6	2	34	575,49	1343,07	2513
6	2	35	568,12	1229,46	2343,04
6	2	36	523,93	1508,69	2517,79
6	2	37	536,13	1404,02	2487,94
6	2	38	568,65	1429,19	2553,31
6	2	39	519,28	1351,31	2416,49
6	2	40	555,48	1406,65	2457,05
6	2	41	596,16	1322,7	2556,47
6	2	42	559,73	1404,39	2399,53
6	2	43	543,1	1442,47	2546,12
6	2	44	564,45	1396,89	2495,39
6	2	45	542,19	1452,27	2494,13
6	2	46	573,14	1339,88	2426,35
6	3	1	706,17	1457,98	2349,08
6	3	2	653,87	1480,58	2262,68
6	3	3	630,24	1382,25	2488,09
6	3	4	710,53	1400,24	2259,22
6	3	5	652,96	1454,09	2253,67
6	3	6	652,06	1354,61	2471,67

Informante	Toma	Vocal	F1 (Hz)	F2 (Hz)	F3 (Hz)
6	3	7	664,39	1387,63	2491,88
6	3	8	613,41	1150,58	2508,08
6	3	9	642,46	1446,12	2361,98
6	3	10	629,94	1341,66	2550,1
6	3	11	653,62	1447,18	2482,56
6	3	12	618,17	1523,72	2364,56
6	3	13	651,8	1247,07	2338,63
6	3	14	614,6	1384,68	2459,13
6	3	15	561,54	1455,97	2528,57
6	3	16	670,4	1421,83	2435,7
6	3	17	-	1433,15	2475,71
6	3	18	-	1543,88	2410
6	3	19	661,95	1431,86	2589,34
6	3	20	577,4	1471,83	2215,56
6	3	21	580,1	1469,35	2345,17
6	3	22	687,62	1309,52	2320,24
6	3	23	620,79	1316,61	2378,08
6	3	24	627,77	1317,44	2500,27
6	3	25	603,51	1378,67	2396,72
6	3	26	652,22	1262,66	2297,84
6	3	27	724,94	1402,13	2354,18
6	3	28	695,96	1381,79	2384,79
6	3	29	671,06	1412,84	2359,91
6	3	30	654,25	1480,82	2351,31
6	3	31	661,97	1358,19	2330,54
6	3	32	674,11	1360,19	2409,48
6	3	33	577,4	1434,65	2383,44
6	3	34	643,44	1300,24	2448,69
6	3	35	579,36	1156,45	2271
6	3	36	605,72	1586,54	2384,84
6	3	37	634,34	1455,69	2401,74
6	3	38	642,91	1397,51	2479,38
6	3	39	662,8	1482,26	2362,19
6	3	40	685,12	1509,13	2416,71
6	3	41	649,24	1276,96	2438,05
6	3	42	661,11	1496,06	2298,91
6	3	43	620,38	1465,87	2457,3
6	3	44	629,23	1376,25	2453,64
6	3	45	622,84	1419,27	2419,79
6	3	46	671,04	1395,83	2268,68
7	1	1	584,06	1290,62	-
7	1	2	504,13	1448,14	2299,8
7	1	3	565,45	1232,88	2295,05
7	1	4	569,64	1264,26	2372,45

Informante	Toma	Vocal	F1 (Hz)	F2 (Hz)	F3 (Hz)
7	1	5	520,37	1335,45	2294,43
7	1	6	530,46	1216,19	2122,23
7	1	7	537,73	1203,47	2518,92
7	1	8	500,84	1160,5	-
7	1	9	556,28	1305,06	-
7	1	10	577,4	1303,9	2569,11
7	1	11	596	1298,65	2327,79
7	1	12	509,53	1338,62	-
7	1	13	452,53	1224,02	2215,35
7	1	14	487,8	1328,19	-
7	1	15	579,13	1452,71	2420,66
7	1	16	651,8	1250,63	2401,54
7	1	17	505,77	1174,65	2420,36
7	1	18	518,44	1476,34	2527,84
7	1	19	544,95	1352,38	2475,04
7	1	20	574,08	1310,92	2569,16
7	1	21	552,98	1458,79	2103,6
7	1	22	633,21	1245,28	2617,64
7	1	23	525	1174,52	2534,79
7	1	24	516,91	1188,67	2578.70
7	1	25	532,83	1219,78	2471,54
7	1	26	541,1	1284,2	2133,4
7	1	27	560,32	1308,24	2438,59
7	1	28	521,55	1297,41	2418,68
7	1	29	521,1	1229,07	-
7	1	30	525,58	1350,07	2429,08
7	1	31	548,92	1291,03	2126,48
7	1	32	561,1	1322,33	2606,83
7	1	33	537,35	1301,95	2549,5
7	1	34	538,04	1204,84	2215,34
7	1	35	596,18	1230,6	2216,72
7	1	36	600,96	1500,89	2496,15
7	1	37	510,04	1472,3	2420,12
7	1	38	524,33	1286,71	2271,69
7	1	39	542,37	1545,81	2587,89
7	1	40	567,77	1382,54	2451,27
7	1	41	520,5	1161,23	2161,44
7	1	42	533,44	1422,54	2215,32
7	1	43	594,59	1413,77	2540,95
7	1	44	614,6	1288,74	2475,19
7	1	45	633,23	1335,97	2491,39
7	1	46	527,45	1340,05	-
7	2	1	419,51	1349,54	2420,37
7	2	2	502,17	1359	-

Informante	Toma	Vocal	F1 (Hz)	F2 (Hz)	F3 (Hz)
7	2	3	552,47	1233,46	2539,73
7	2	4	531,85	1187,9	2235,34
7	2	5	507,53	1262,53	2420,01
7	2	6	546,55	1267,01	2103,7
7	2	7	527,48	1196,85	2549,85
7	2	8	510,28	1130,05	2122,74
7	2	9	514,81	1216,38	2364,03
7	2	10	531,07	1197,82	2525,61
7	2	11	577,4	1338,65	2438,16
7	2	12	598,13	1351,27	2401,59
7	2	13	526,71	1230,29	2290,23
7	2	14	580,4	1442,23	2332,81
7	2	15	555,84	1396	2403,25
7	2	16	519,04	1242,69	2501,03
7	2	17	634,96	1173,21	2436,97
7	2	18	582,67	1454,84	2535,65
7	2	19	533,2	1381,25	2518,18
7	2	20	545,4	1395,33	2259,17
7	2	21	539,43	1306,1	-
7	2	22	508,14	1188,28	2508,47
7	2	23	577,4	1247,15	2457,12
7	2	24	519,92	1201,85	2513,93
7	2	25	527,86	1250,47	2494,13
7	2	26	537,3	1225,98	2103,78
7	2	27	651,8	1304,62	2616,33
7	2	28	633,2	1281,63	-
7	2	29	526,91	1266,95	-
7	2	30	597,04	1526,01	2420,2
7	2	31	543,89	1245,83	2029,8
7	2	32	551,03	1240,63	2550,26
7	2	33	616,6	1394,53	2472,27
7	2	34	596	1266,38	2532,33
7	2	35	550,1	1191,39	-
7	2	36	598,14	1386,04	2513,77
7	2	37	579,49	1479,56	2438,12
7	2	38	651,8	1285,92	2197,37
7	2	39	522,67	1526,7	2491,67
7	2	40	630,2	1428,14	2382,54
7	2	41	512,37	1181,92	2085,27
7	2	42	633,29	1415,66	2066,6
7	2	43	596,13	1390,26	2513,83
7	2	44	631,41	1264,55	2529,49
7	2	45	613,66	1340,57	2431,69
7	2	46	-	-	-

Informante	Toma	Vocal	F1 (Hz)	F2 (Hz)	F3 (Hz)
7	3	1	726,2	1496,34	2482,54
7	3	2	633,2	1471,05	2155,5
7	3	3	635,93	1334,01	2524,85
7	3	4	651,8	1352,14	2237,93
7	3	5	639,16	1382,21	2474,11
7	3	6	577,4	1263,67	2179,91
7	3	7	653,27	1326,07	2590,87
7	3	8	614,65	1210,04	2295,63
7	3	9	650,93	1322,09	2047,6
7	3	10	709,64	1286,65	2596,19
7	3	11	615,28	1434,14	2492,11
7	3	12	695,65	1526,15	2462,63
7	3	13	692,12	1168,02	-
7	3	14	639,82	1405,57	2407,6
7	3	15	646,93	1390,47	2474,93
7	3	16	630,74	1327,19	2541,46
7	3	17	719,92	1247,87	2552,41
7	3	18	670,4	1452,15	2494,72
7	3	19	689,51	1472,98	2481,52
7	3	20	690,16	1305,85	2022,3
7	3	21	685,1	1475,28	2177,03
7	3	22	651,88	1249,1	2391
7	3	23	685,02	1239,86	2551,49
7	3	24	667,38	1274,01	2508,68
7	3	25	633,12	1224,56	2442,92
7	3	26	672,66	1352,8	2090,25
7	3	27	707,61	1337,74	2573,79
7	3	28	726,02	1335,31	-
7	3	29	713,66	1385,89	2211,17
7	3	30	668,25	1458,54	2421,84
7	3	31	701,79	1365,03	2122,9
7	3	32	708,12	1371,45	2579,8
7	3	33	699,91	1382,53	2477,11
7	3	34	634,72	1337,58	2225,12
7	3	35	614,6	1191,45	2159
7	3	36	631,19	1466,69	2431,65
7	3	37	589,12	1454,8	2391,48
7	3	38	688,13	1324,64	2297,27
7	3	39	726,2	1581,26	2438,03
7	3	40	634,49	1411,77	2482,18
7	3	41	614,62	1247,07	2122,33
7	3	42	653,8	1415,65	2124,71
7	3	43	539,33	1448,12	2488,48
7	3	44	614,72	1317,14	2396,7

Informante	Toma	Vocal	F1 (Hz)	F2 (Hz)	F3 (Hz)
7	3	45	558,7	1387,85	2395,94
7	3	46	559,46	1437,02	2587
8	1	1	-	-	-
8	1	2	524,54	1512	2357,67
8	1	3	532,76	1311,34	2324,57
8	1	4	577,4	1461,95	2506,46
8	1	5	508,39	1459,53	2420,32
8	1	6	541,35	1282,67	2416,97
8	1	7	543,89	1356,98	2475,79
8	1	8	512,73	1170,68	2363,43
8	1	9	614,6	1405,03	2792
8	1	10	512,64	1401,64	2657,41
8	1	11	670,4	1526,32	2606,97
8	1	12	595,19	1522,7	2736,57
8	1	13	541,1	1251,57	2277,83
8	1	14	500,98	1422,97	2488,28
8	1	15	597,13	1417,18	2680,55
8	1	16	538,14	1452,33	2457,01
8	1	17	502,9	1269,95	2538,91
8	1	18	465,7	-	-
8	1	19	707,6	1582,24	2624,9
8	1	20	527,9	1531,27	2303,47
8	1	21	514,3	1580,94	2513,89
8	1	22	574,6	1394,6	2545,23
8	1	23	504,85	1301,79	2680,36
8	1	24	633,21	1487,63	2792,77
8	1	25	569,26	1491,21	2581,59
8	1	26	670,47	1564,88	2587,22
8	1	27	558,7	1567,03	2245,26
8	1	28	525,87	1526,67	2515,47
8	1	29	504,9	1309,8	2372,4
8	1	30	521,5	1471,39	2606,19
8	1	31	621,64	1415,14	2462,1
8	1	32	561,16	1374,88	2569
8	1	33	614,6	1471,21	2122,69
8	1	34	545,43	1253,49	2322,66
8	1	35	600,86	1250,01	2549,5
8	1	36	576,28	1564,17	-
8	1	37	546,22	1520,26	2696,55
8	1	38	591,97	1471,57	2490,88
8	1	39	529,88	1388,18	2717,8
8	1	40	669,1	1446,14	2680,29
8	1	41	607,84	1285,94	2531,45
8	1	42	519,6	1487,01	2440,25

Informante	Toma	Vocal	F1 (Hz)	F2 (Hz)	F3 (Hz)
8	1	43	558,66	1491	-
8	1	44	502,9	1582,16	2512,14
8	1	45	597,44	1564,79	2740,3
8	1	46	605,03	1485,56	2687,88
8	2	1	563,02	1549,62	2486,89
8	2	2	540,1	1519,16	2406,46
8	2	3	404	1426,66	2410,42
8	2	4	492,34	1428,76	2640,28
8	2	5	519,87	1546,76	2829,56
8	2	6	511,57	1286,1	2539,12
8	2	7	534	1424,93	2526,99
8	2	8	469,5	1200,04	2281,26
8	2	9	512,05	1418,41	2736,9
8	2	10	540,97	1393,95	2680,14
8	2	11	579,4	1432,17	2866,21
8	2	12	484,3	1551,01	2773,24
8	2	13	484,65	1262,09	2264,67
8	2	14	482,74	1463,57	2458
8	2	15	428,47	1423,21	2848,07
8	2	16	611,53	1488,67	2452,08
8	2	17	629,67	1378,61	2454,1
8	2	18	479,74	1582	2351,07
8	2	19	538,66	1421,3	2362,5
8	2	20	432,96	1434,64	2330,04
8	2	21	454,54	1433,55	2410,13
8	2	22	534,97	1388,77	2536,51
8	2	23	529,2	1390,78	2583,51
8	2	24	498,2	1412,65	2578,49
8	2	25	443,9	1392,99	2699,08
8	2	26	510,87	1342,12	2466,08
8	2	27	521,29	1429,01	2240,37
8	2	28	523,13	1421,25	2404,75
8	2	29	447,32	1332,52	2243,75
8	2	30	481,26	1422,67	2508,96
8	2	31	572,2	1260,61	2217,07
8	2	32	508,42	1378,25	2142,64
8	2	33	485,34	1358,08	2209,06
8	2	34	486,47	1300,02	2398,71
8	2	35	497,82	1166,94	2352,02
8	2	36	450,61	1578,15	2903,47
8	2	37	491,78	1485,63	2568,99
8	2	38	495,26	1372,12	2327,82
8	2	39	424,73	1586,24	2792,17
8	2	40	497,4	1408,9	2829,61

Informante	Toma	Vocal	F1 (Hz)	F2 (Hz)	F3 (Hz)
8	2	41	466,27	1073,59	2417,82
8	2	42	469,96	1416,77	2531,88
8	2	43	447,1	1468,58	2732,57
8	2	44	462,02	1452,47	2509,76
8	2	45	414,64	1399,38	2581,78
8	2	46	542,13	1454,99	-
8	3	1	687,92	1562,23	2470,49
8	3	2	633,2	1564,44	2462,61
8	3	3	669,29	1419,91	2534,26
8	3	4	707,6	1482,28	2644,82
8	3	5	622,09	1434,74	2591,4
8	3	6	656,51	1345,04	2495,1
8	3	7	651,8	1419,03	2717
8	3	8	654,19	1202,16	2494,59
8	3	9	582,54	1471,55	2775,12
8	3	10	633,24	1453,23	2788,53
8	3	11	600,74	1508,13	2215,15
8	3	12	585,59	1563,86	2694,41
8	3	13	707,6	1417,08	2655,31
8	3	14	634,4	1534,63	2504,15
8	3	15	608,45	1485,75	2661,52
8	3	16	714,17	1453,13	2572,62
8	3	17	671,85	1399,28	2495,83
8	3	18	708,75	1630,19	2407,3
8	3	19	673,4	1575,37	2572,95
8	3	20	645,77	1587,74	2389,64
8	3	21	622,34	1579,43	2425,02
8	3	22	633,29	1363,57	2792,71
8	3	23	636,82	1393,69	2758,7
8	3	24	632,62	1418,4	2866,03
8	3	25	659,01	1449,42	2595,01
8	3	26	689,77	1401,98	2550,95
8	3	27	686,32	1549,2	2342,89
8	3	28	715,17	1407,94	2608,1
8	3	29	673,73	1438,03	2541,18
8	3	30	614,54	1595,76	2681,64
8	3	31	677,39	1468,27	2487,16
8	3	32	653,8	1434,6	2263,32
8	3	33	628	1518,3	2401,3
8	3	34	637,52	1410,66	2661,35
8	3	35	575,49	1173,41	2648,17
8	3	36	551,53	1587,47	2664,34
8	3	37	621,33	1555,61	2636,94
8	3	38	763,4	1460,44	2370,36

Informante	Toma	Vocal	F1 (Hz)	F2 (Hz)	F3 (Hz)
8	3	39	622,83	1549,42	2737,43
8	3	40	650,81	1515,19	2743,31
8	3	41	639,21	1304,13	2571,75
8	3	42	615,58	1557,54	2673,04
8	3	43	536,15	1579,1	2659,11
8	3	44	620,29	1595,53	2529,46
8	3	45	596,05	1460,52	2755,88
8	3	46	-	1482,69	2597,8
9	1	1	631,32	1502,73	2435,64
9	1	2	637,97	1568,15	2246,07
9	1	3	619,07	1312,3	2268,59
9	1	4	680,35	1342,01	2344,93
9	1	5	588,52	1527,94	2355,24
9	1	6	643,94	1267,13	2232,49
9	1	7	558,17	1322,97	2495,39
9	1	8	595,17	1118,4	2227,77
9	1	9	620,41	1405,54	2457,66
9	1	10	614,73	1284,25	2572,78
9	1	11	581,98	1305,81	2340,75
9	1	12	605,35	1527,69	2209,22
9	1	13	535,29	1238,58	2373,37
9	1	14	577,47	1453,63	2337,3
9	1	15	520,98	1393,63	2412,84
9	1	16	573,33	1336,34	2346,27
9	1	17	543,74	1285,7	2396,55
9	1	18	-	-	-
9	1	19	665,24	1454,66	2546,57
9	1	20	622,35	1484,36	2501,11
9	1	21	615,56	1564,28	2159,01
9	1	22	644,14	1319,72	2459,77
9	1	23	612,72	1294,53	2517,44
9	1	24	620,01	1320,84	2557,35
9	1	25	603,06	1259,27	2323,37
9	1	26	631,93	1370,93	2275,96
9	1	27	582,08	1313,49	2212
9	1	28	647,02	1335,43	2565,86
9	1	29	646,47	1369,89	2506,01
9	1	30	601,2	1504,39	2542,3
9	1	31	665	1284,76	2259,17
9	1	32	646,46	1435,52	2493,08
9	1	33	543,49	1352,23	2296,28
9	1	34	584,38	1318,83	2238,45
9	1	35	617,76	1176,26	2349,45
9	1	36	555,83	1463,76	2606,28

Informante	Toma	Vocal	F1 (Hz)	F2 (Hz)	F3 (Hz)
9	1	37	588,91	1500,51	2472,49
9	1	38	533,83	1304,23	2443,89
9	1	39	553,73	1461,7	2544,54
9	1	40	669,69	1499,67	2661,01
9	1	41	577,77	1101,04	2230,88
9	1	42	633,91	1543,59	2305,53
9	1	43	593,47	1523,43	2552,55
9	1	44	588	1379,71	2403,82
9	1	45	513,48	1501,65	2439,76
9	1	46	441,21	1268,45	2364,01
9	2	1	630,84	1498,37	2467,18
9	2	2	556,43	1621,05	2216,99
9	2	3	520,23	1282,04	2305,7
9	2	4	622,64	1478,02	2352,98
9	2	5	584,61	1649,82	2178,39
9	2	6	598,12	1266,15	2239,5
9	2	7	512,91	1273,11	2462,67
9	2	8	547,8	1118,03	2174,04
9	2	9	578,56	1507,45	2481,34
9	2	10	606,53	1379,78	2539,67
9	2	11	614,17	1366,26	2476,09
9	2	12	458,64	1694,78	2460,2
9	2	13	562,77	1235,96	2206,89
9	2	14	513,87	1455,12	2274,95
9	2	15	466,66	1429,4	2456,03
9	2	16	607,3	1295,51	2418,48
9	2	17	554,76	1274,01	2470,19
9	2	18	514,66	1708,79	2367,3
9	2	19	635,15	1514,13	2535,93
9	2	20	592,12	1546,49	2340,52
9	2	21	548,21	1526,66	2066,13
9	2	22	623,11	1353,8	2458,32
9	2	23	584,1	1317,76	2502,91
9	2	24	585,17	1294,11	2537,89
9	2	25	554,16	1306,29	2317,26
9	2	26	635,32	1392,33	2243,22
9	2	27	636,27	1500,49	2198,03
9	2	28	665,05	1460,45	2530,16
9	2	29	626,24	1367,87	2354,76
9	2	30	552,57	1594,55	2466,67
9	2	31	645,81	1266,98	2226,31
9	2	32	598,88	1382,83	2491,72
9	2	33	628,41	1342,95	2207,76
9	2	34	599,31	1415,42	2295,24

Informante	Toma	Vocal	F1 (Hz)	F2 (Hz)	F3 (Hz)
9	2	35	589,84	1180,21	2233,83
9	2	36	562,75	1534,65	2590,75
9	2	37	609,59	1537,06	2479,94
9	2	38	591,16	1325	2432,2
9	2	39	-	-	-
9	2	40	655,44	1603,67	2625,4
9	2	41	547,63	1118,39	2210,38
9	2	42	600,45	1583,75	2141,01
9	2	43	555,27	1471,66	2557,39
9	2	44	498,98	1361,49	2424,06
9	2	45	488,16	1454,65	2437,35
9	2	46	577,4	1278,93	2314,8
9	3	1	756,6	1504,93	2521,79
9	3	2	670,41	1605,77	2287,59
9	3	3	651,8	1449,37	2390
9	3	4	689,75	1459,19	2488,14
9	3	5	616,05	1492,72	2429,36
9	3	6	633,2	1374,62	2274,59
9	3	7	596,25	1402,21	2510,18
9	3	8	559,17	1205,72	2179,59
9	3	9	631,99	1537,94	2408,81
9	3	10	640,61	1393,26	2594,07
9	3	11	650,88	1421,5	2315,05
9	3	12	600,37	1563,42	2269,89
9	3	13	653,15	1337,33	2472,63
9	3	14	594	1491,57	2356,17
9	3	15	560,77	1420,2	2418,19
9	3	16	666,69	1439,12	2517,9
9	3	17	667,25	1373,1	2443,24
9	3	18	654,87	1586,75	2433,5
9	3	19	652,37	1547,19	2566,99
9	3	20	627,08	1466,01	2551,17
9	3	21	635,26	1566,18	2218,52
9	3	22	690,77	1447,14	2636,32
9	3	23	613,58	1421,15	2555,44
9	3	24	599,11	1390,77	2576,4
9	3	25	603,4	1419,99	2525,74
9	3	26	676,21	1521,12	2295,25
9	3	27	689,43	1479,73	2485,44
9	3	28	691,6	1486,68	2535,49
9	3	29	596,19	1379,97	2394,78
9	3	30	690	1600,48	2591,84
9	3	31	634,2	1259,89	2305,4
9	3	32	615,6	1482,3	2439,86

Informante	Toma	Vocal	F1 (Hz)	F2 (Hz)	F3 (Hz)
9	3	33	640,33	1461,46	2457,27
9	3	34	612,09	1443,06	2250,91
9	3	35	601,41	1183,95	2280,72
9	3	36	668,27	1611,43	2645,28
9	3	37	560,7	1560,4	2440,83
9	3	38	726,02	1444,54	2437,66
9	3	39	651,8	1593,13	2579,15
9	3	40	688,05	1591,55	2683,39
9	3	41	540,16	1117,69	2262,14
9	3	42	618,23	1561,15	2179,07
9	3	43	600,73	1523,29	2544,37
9	3	44	634,44	1482,23	2419,57
9	3	45	641,38	1541,82	2401,9
9	3	46	689,15	1418,93	-
10	1	1	542,8	1494,17	2270,18
10	1	2	582,25	1452,76	2053,18
10	1	3	597,01	1431,92	2341,98
10	1	4	541,98	1322,12	2179,63
10	1	5	555,79	1512,06	2368,66
10	1	6	606,07	1279,74	2192,2
10	1	7	571,38	1429,23	2556,92
10	1	8	615,26	1284,61	2277,52
10	1	9	602,24	1495,74	2401,23
10	1	10	596,05	1391,36	2360,77
10	1	11	550,38	1356,04	2241,95
10	1	12	563,25	1562,45	2473,08
10	1	13	557,04	1313,84	2271,62
10	1	14	556,99	1408,32	2258,21
10	1	15	565,38	1456,05	2425
10	1	16	577	1399,17	2363,17
10	1	17	677,5	1338,12	2343,56
10	1	18	627,06	1588,52	2204,63
10	1	19	545,45	1411,15	2318,86
10	1	20	592,64	1433,02	2158,96
10	1	21	549,32	1529,52	2235,97
10	1	22	627,92	1359,19	2210,37
10	1	23	646,12	1403,63	2458,83
10	1	24	526,41	1364,67	2409,82
10	1	25	592,79	1377,07	2380,78
10	1	26	792,86	1319,71	2103,37
10	1	27	580,83	1459,7	2023,98
10	1	28	697,92	1448,3	2475,67
10	1	29	645,31	1440,63	2271,99
10	1	30	591,96	1574,7	2219,1

Informante	Toma	Vocal	F1 (Hz)	F2 (Hz)	F3 (Hz)
10	1	31	726,2	1378,91	2139,34
10	1	32	696,58	1378	2010,95
10	1	33	599,9	1406,43	2382,41
10	1	34	603,24	1433,5	2382,14
10	1	35	635,99	1284,25	2144,93
10	1	36	726,29	1438,09	2550,21
10	1	37	600,7	1512,33	2470,24
10	1	38	678,88	1659,07	2142,03
10	1	39	535,02	1478,26	2457,57
10	1	40	653,02	1515,11	2400,55
10	1	41	614,6	1191,79	2042,55
10	1	42	585	1502,96	2282,87
10	1	43	541,38	1485,69	2449,48
10	1	44	569,33	1471,03	2312,13
10	1	45	565,72	1415,44	2385,21
10	1	46	558,7	1300,37	2169,57
10	2	1	579,5	1474,21	2212,51
10	2	2	547,44	1495,8	2312,86
10	2	3	572,32	1427,37	2421,42
10	2	4	610,26	1359,9	2256,98
10	2	5	560,57	1410,37	2284,99
10	2	6	680,61	1316,57	2215,25
10	2	7	591,34	1373,89	2410,9
10	2	8	604,73	1205,1	2105,12
10	2	9	587,27	1454,36	2326
10	2	10	585,55	1372,83	2408,06
10	2	11	491,74	1322,37	2229,47
10	2	12	537,59	1565,15	2278,57
10	2	13	590,24	1407,87	2224,05
10	2	14	592,58	1399,03	2190,31
10	2	15	466,01	1382,57	2404,31
10	2	16	643,72	1352,98	2343,02
10	2	17	587,08	1263,78	2304,18
10	2	18	605,13	1567,19	2133,46
10	2	19	538,97	1375,87	2309,57
10	2	20	569,61	1526,32	2071,68
10	2	21	513,78	1548,96	2117,73
10	2	22	672,85	1386,13	2195,88
10	2	23	578,84	1382,3	2388,93
10	2	24	533,64	1406,65	2381,1
10	2	25	519,7	1400,98	2319,93
10	2	26	686,99	1404,03	2216,01
10	2	27	545,57	1457,96	1937,59
10	2	28	629,22	1462,58	2195,58

Informante	Toma	Vocal	F1 (Hz)	F2 (Hz)	F3 (Hz)
10	2	29	603,46	1247,55	2147,8
10	2	30	604,25	1408,51	2090,68
10	2	31	628,63	1426,19	2322,36
10	2	32	642,47	1378,15	1982,28
10	2	33	609,43	1398,22	2280,33
10	2	34	617,53	1349,17	2220,25
10	2	35	579,9	1183,09	2103,95
10	2	36	659,67	1479,28	2365,37
10	2	37	574,01	1496,17	2356,6
10	2	38	573,75	1455,13	2291,85
10	2	39	538,93	1561,5	2375
10	2	40	574,29	1541,88	2353,89
10	2	41	602,5	1138,51	2068,93
10	2	42	620,33	1468,83	2221,8
10	2	43	521,5	1447	2382,85
10	2	44	533,03	1424,81	2269,32
10	2	45	479,37	1473,13	2254,68
10	2	46	782,1	1361,03	2109,99
10	3	1	596,08	1488,1	2249,25
10	3	2	633,2	1513,22	2012,97
10	3	3	620,61	1532,63	2396,26
10	3	4	607,65	1375,27	2271,73
10	3	5	671,29	1526,09	2368,44
10	3	6	615,27	1316,9	2214,59
10	3	7	617,21	1394,82	2449,59
10	3	8	580,46	1174,34	2253,38
10	3	9	651,8	1440,72	2379,21
10	3	10	633,17	1411,92	2385,41
10	3	11	590,57	1360,76	2216,83
10	3	12	583.71	1421,25	2319,92
10	3	13	670,4	1330,02	2454,51
10	3	14	615,99	1368,8	2216,71
10	3	15	540,1	1319,62	2304,78
10	3	16	724,82	1432,67	2303,11
10	3	17	749,86	1341,55	2284,06
10	3	18	731,23	1578,01	2353,15
10	3	19	625,01	1400,25	2310,31
10	3	20	558,07	1512,34	2345,88
10	3	21	549,13	1547,01	2200,76
10	3	22	671,37	1363,15	2099,51
10	3	23	620,14	1309,68	2347,34
10	3	24	599,59	1395,4	2367,46
10	3	25	603,28	1382,55	2330,24
10	3	26	651,8	1360,34	2095,48

Informante	Toma	Vocal	F1 (Hz)	F2 (Hz)	F3 (Hz)
10	3	27	705,32	1479,97	2139,73
10	3	28	707,61	1470,02	2523,25
10	3	29	615,35	1389,52	2242,19
10	3	30	666,03	1479,94	2321,77
10	3	31	655,12	1437,15	2050,42
10	3	32	651,45	1498,05	2068,95
10	3	33	757,3	1444,4	2279,31
10	3	34	635,21	1466,61	2389,8
10	3	35	619,23	1229,7	2183,55
10	3	36	623,39	1552,23	2406,78
10	3	37	701,63	1536,6	2370,57
10	3	38	652,9	1425,01	2290,51
10	3	39	577,49	1460,59	2381,92
10	3	40	656,38	1535,54	2355,59
10	3	41	560,15	1191,27	2081,63
10	3	42	578,02	1445,31	1954,89
10	3	43	574,99	1494,41	2368,27
10	3	44	596,04	1342,62	2257,21
10	3	45	607,22	1504,77	2287,74
10	3	46	706,19	1445,13	2243,08

ANEXO II: *SELECCIÓN DEL GRUPO PILOTO. BASE DE DATOS LOCUPOL*

Proyecto IUICP-PI2013-03

Selección GRUPO PILOTO

Locutores hombres: 32

Total archivos: 96

Nº	Locutor	Nombre archivo		
		mic+frases normal+varón	mic+frases rápidas+varón	telf+frases normal+varón
1	005	003a005mfv	003a005mvv	003a005tfv
2	006	003b006mfv	003b006mvv	003b006tfv
3	007	004a007mfv	004a007mvv	004a007tfv
4	010	005b010mfv	005b010mvv	005b010tfv
5	015	008a015mfv	008a015mvv	008a015tfv
6	022	011b022mfv	011b022mvv	011b022tfv
7	031	016a031mfv	016a031mvv	016a031tfv
8	040	020b040mfv	020b040mvv	020b040tfv
9	041	021a041mfv	021a041mvv	021a041tfv
10	055	028a055mfv	028a055mvv	028a055tfv
11	057	029a057mfv	029a057mvv	029a057tfv
12	061	031a061mfv	031a061mvv	031a061tfv
13	062	031b062mfv	031b062mvv	031b062tfv
14	064	032b064mfv	032b064mvv	032b064tfv
15	078	039b078mfv	039b078mvv	039b078tfv
16	081	041a081mfv	041a081mvv	041a081tfv
17	096	048b096mfv	048b096mvv	048b096tfv
18	119	060a119mfv	060a119mvv	060a119tfv
19	128	064b128mfv	064b128mvv	064b128tfv
20	130	065b130mfv	065b130mvv	065b130tfv
21	135	068a135mfv	068a135mvv	068a135tfv
22	141	071a141mfv	071a141mvv	071a141tfv
23	160	080b160mfv	080b160mvv	080b160tfv
24	173	087a173mfv	087a173mvv	087a173tfv
25	215	108a215mfv	108a215mvv	108a215tfv
26	227	114b227mfv	114b227mvv	114b227tfv
27	233	117b233mfv	117b233mvv	117b233tfv
28	238	120a238mfv	120a238mvv	120a238tfv
29	250	126a250mfv	126a250mvv	126a250tfv
30	251	126b251mfv	126b251mvv	126b251tfv
31	279	141b279mfv	141b279mvv	141b279tfv
32	331	167a331mfv	167a331mvv	167a331tfv

ANEXO III: *FRASES BALANCEADAS. COMISARÍA GENERAL DE LA POLICÍA CIENTÍFICA*

MINISTERIO
DEL INTERIOR

DIRECCIÓN GENERAL
DE LA POLICÍA
COMISARÍA GENERAL DE
POLICÍA CIENTÍFICA
Unidad Central de Criminalística
Sección de Acústica Forense

FRASES

La camisa blanca del pastor está fabricada por las chicas más graciosas de Talavera.

Las traças lanzadas al campo de naranjos, rápidamente pararon el tráfico.

Este pequeño teléfono me sirve en el despacho que tengo debajo del vecino.

El Jefe perfecto pretende siempre ser justo ante los errores.

Mi primo Felipe os invita, sin compromiso ni necesidad de asistir, al cine.

Mis amigos gitanos Primitivo y Silvino fabricaron cincuenta trineos dignos de las hijas de los esquimales.

CORREO ELECTRÓNICO
cgpc.acustica@policia.es

C/ Julián González Segador s/n
28043 - MADRID
TEL.: 91582 84 43 / 22
FAX: 91 582 25 75

ANEXO IV: *FORMULARIO DEL FONEMA /a/. COMISARÍA GENERAL DE LA POLICÍA CIENTÍFICA*

Proyecto IUICP/PI2013/03

Nº Locutor	Género		Toma			Fonema			
	v	m	1 (mf)	2 (mv)	3 (tf)	/a/	/e/	/i/	/s/

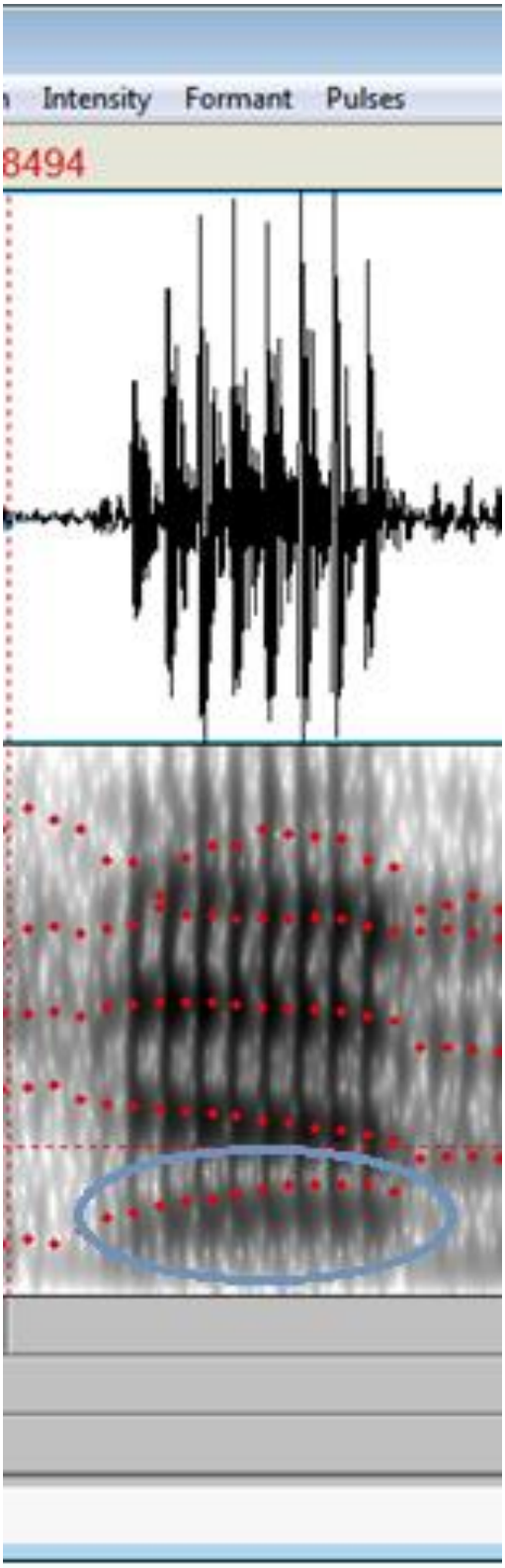
Observaciones generales:	

FONEMA /a/

Sílaba	F1	F2	F3	Observaciones
La camisa blanca del pastor está fabricada por las chicas más graciosas de Talavera.				
/la/				
/ka/				
/sa/				
/blaN/				
/ka/				
/pas/				
/ta/				
/fa/				
/ka/				
/da/				
/las/				
/kas/				
/mas/				
/gra/				
/sas/				
/ta/				
/la/				
/ra/				
Las tracas lanzadas al campo de naranjos rápidamente pararon el tráfico.				
/las/				
/tra/				
/kas/				
/laN/				
/θa/				
/das/				
/al/				

/kaN/				
/na/				
/raN/				
/ra/				
/da/				
/pa/				
/ra/				
/tra/				
Este pequeño teléfono me sirve en el despacho que tengo debajo del vecino.				
/pa/				
/ba/				
El jefe perfecto pretende siempre ser justo ante los errores.				
Ø				
Mi primo Felipe os invita, sin compromiso ni necesidad de asistir, al cine.				
/ta/				
/daD/				
/al/				
Mis amigos gitanos Primitivo y Silvino fabricaron cincuenta trineos dignos de las hijas de los esquimales.				
/a-/				
/ta/				
/fa/				
/ka/				
/ta/				
/las/				
/xas/				
/ma/				

ANEXO V: *MEDICIÓN ERRÓNEA DEL PRIMER FORMANTE POR PARTE DE PRAAT*



ANEXO VI: *VALORES MEDIOS DE LOS SONIDOS OCLUSIVOS POR INFORMANTES*

Oclusivas bilabiales				
Sonido	**[pa]**		**[ba]**	
Valor de /a/	**F1 (Hz)**	**F2 (Hz)**	**F1 (Hz)**	**F2 (Hz)**
Informante 1	651,90	1.377,65	645,79	1.323,31
Informante 2	581,80	1.353,95	574,99	1.212,89
Informante 3	614,20	1.289,53	599,03	1.147,24
Informante 4	571,39	1.285,95	534,74	1.172,84
Informante 5	594,48	1.329,98	544,93	1.198,14
Informante 6	582,24	1.338,64	570,91	1.217,60
Informante 7	579,75	1.273,06	586,96	1.204,48
Informante 8	583,34	1.335,77	558,05	1.196,78
Informante 9	624,00	1.321,87	603,00	1.180,14
Informante 10	640,87	1.378,30	611,70	1.232,34

Oclusivas dentales				
Sonido	**[ta]**		**[da]**	
Valor de /a/	**F1 (Hz)**	**F2 (Hz)**	**F1 (Hz)**	**F2 (Hz)**
Informante 1	569,02	1.457,45	647,76	1.429,35
Informante 2	607,92	1.432,98	592,74	1.410,91
Informante 3	620,79	1.434,92	609,67	1.422,26
Informante 4	570,27	1.419,61	577,61	1.373,11
Informante 5	539,41	1.416,10	547,66	1.392,19
Informante 6	603,63	1.457,25	575,88	1.352,50
Informante 7	594,19	1.358,34	582,65	1.349,51
Informante 8	568,74	1.482,25	560,62	1.468,23
Informante 9	604,27	1.459,49	605,76	1.446,70
Informante 10	617,09	1.458,13	601,08	1.445,92

Oclusiva velar		
Sonido	**[ka]**	
Valor de /a/	**F1 (Hz)**	**F2 (Hz)**
Informante 1	643,69	1.472,80
Informante 2	595,55	1.396,69
Informante 3	615,28	1.449,75
Informante 4	549,12	1.465,28
Informante 5	543,85	1.431,81
Informante 6	602,10	1.446,50
Informante 7	580,04	1.365,47
Informante 8	561,42	1.492,06
Informante 9	606,87	1.539,63
Informante 10	600,99	1.475,07

ANEXO VII: *VALORES MEDIOS DE F1 Y F2 POR TOMAS*

		F1 (Hz)	F2 (Hz)
Informante 1	**Microfónica normal**	640,44	1.390,24
	Microfónica rápida	615,95	1.409,19
	Telefónica	679,87	1.418,49
Informante 2	**Microfónica normal**	543,29	1.366,15
	Microfónica rápida	565,75	1,351,67
	Telefónica	642,72	1.415,02
Informante 3	**Microfónica normal**	590,57	1.407,63
	Microfónica rápida	585,71	1.378,80
	Telefónica	659,57	1,397,34
Informante 4	**Microfónica normal**	541,42	1,337,21
	Microfónica rápida	530,31	1,359,01
	Telefónica	613,28	1,368,98
Informante 5	**Microfónica normal**	542,82	1.633,92
	Microfónica rápida	511,18	1.346,80
	Telefónica	587,28	1.398,56
Informante 6	**Microfónica normal**	547,37	1.400,80
	Microfónica rápida	573,21	1.361,68
	Telefónica	643,28	1.400,43
Informante 7	**Microfónica normal**	548,86	1.309,23
	Microfónica rápida	560,96	1.303,18
	Telefónica	655,70	1.361,90
Informante 8	**Microfónica normal**	563,14	1.433,76
	Microfónica rápida	497,74	1.407,79
	Telefónica	644,49	1.473,04
Informante 9	**Microfónica normal**	598,36	1.375,55
	Microfónica rápida	578,62	1.412,58
	Telefónica	638,72	1.457,86
Informante 10	**Microfónica normal**	603,59	1.423,66
	Microfónica rápida	586,26	1.407,41
	Telefónica	635,00	1.422,30