

Conocimiento fonético y fonética judicial

María J. Machuca, Antonio Ríos y Joaquim Llisterri

Universitat Autònoma de Barcelona

MariaJesus.Machuca@uab.cat, Antonio.Rios@uab.cat,

Joaquim.Llisterri@uab.cat

Resumen: El objetivo de este artículo es determinar qué puede aportar el conocimiento de los fonetistas al campo de la fonética judicial y cuáles son las diferentes fases que se deben seguir en el análisis de las señales de habla que se emplean en acústica forense. A modo de ejemplo, se aportan algunos datos obtenidos en el marco del proyecto VILE-I (Estudio acústico de la variación inter e intralocutor en español, BFF2001-2551), en el que se han estudiado algunos de los parámetros acústicos que individualizan a un hablante y lo diferencian de los demás.

Palabras clave: fonética judicial; fonética forense; variación intralocutor; variación interlocutor; fonética acústica.

Abstract: This paper aims at discussing the role of phonetic knowledge in the field of forensic phonetics. It also presents some of the tasks performed by forensic experts in the analysis of the speech signal. This is illustrated with data obtained within the VILE-I project (An acoustic study of inter and intraspeaker variation in Spanish, BFF2001-2551), in which some of the acoustic parameters that contribute to the speaker's individuality were studied.

Keywords: forensic phonetics; intra-speaker variation; inter-speaker variation; acoustic phonetics.

- » Machuca, María J.; Ríos, Antonio & Llisterri, Joaquim . 2014. “Conocimiento fonético y fonética judicial”. *Quaderns de Filologia: Estudis Lingüístics* XIX: 95-111.

1. El ámbito de la fonética judicial

La voz de cada persona posee unas peculiaridades específicas que la caracterizan y que la diferencian de la de los demás hablantes; se considera, por tanto, que constituye un indicador biométrico que identifica a las personas, al igual que el ADN y que las huellas dactilares (Rose, 2002). La Fonética Judicial es la disciplina que tiene como objeto de estudio el análisis de los parámetros articulatorios, acústicos y perceptivos que caracterizan a un hablante para determinar, en el marco de un proceso penal, cuáles de ellos permiten identificarlo (Gil, 2011).

Cualquier prueba judicial, para que sea fiable, debe pasar por cuatro fases: recogida de las muestras, análisis de las muestras en un laboratorio, valoración estadística de los resultados y emisión del informe pericial (Gascón, 2007). En el proceso penal, el juez proporciona al perito judicial una grabación de un sujeto sospechoso de estar involucrado en un acto delictivo y autorizará que ese sospechoso sea grabado en las dependencias policiales o judiciales para que el perito analice y compare ambas muestras de habla. La muestra que proporciona el juez es la que se conoce como voz dubitada, ya que no se sabe con certeza a qué persona corresponde la voz que está grabada. La muestra obtenida por orden del juez se conoce como voz indubitada, puesto que se sabe con seguridad a quién pertenece.

2. El análisis fonético en el contexto judicial

La observación de las muestras de habla dubitadas permitirá al experto establecer un método de análisis adecuado. El conocimiento fonético le ayudará a determinar los sonidos que se pueden analizar, atendiendo a distintos factores, entre otros, las condiciones de grabación, las características acústicas de los sonidos o la relevancia de determinados parámetros acústicos para la identificación del locutor.

2.1. Condiciones de grabación

Para poder comparar las dos muestras, las condiciones de grabación deberían ser lo más parecidas posibles. Para ello, se necesitaría contar con las muestras dubitadas antes de proceder a la grabación de las indubitadas. Así, el experto podrá determinar los límites de las bandas de

frecuencia de la grabación, que pueden ser distintas dependiendo, por ejemplo, de si esas muestras proceden de una línea telefónica, fija o móvil, o de un aparato portátil de grabación. La línea telefónica presenta unos límites en las bandas de frecuencias situadas entre los 300 y los 3400 Hz (Künzel, 2001; Rose, 2003). En cambio, si la grabación que se proporciona al experto se ha obtenido mediante otro procedimiento, los límites de frecuencia varían en función del tipo de codificación empleado para comprimir archivos de audio. Los límites de frecuencia de las muestras dubitadas condicionan qué parámetros acústicos podrán analizarse. Además, se debe tener presente que, en las grabaciones telefónicas, los valores de los formantes cercanos a la región de corte de las bandas de frecuencia pueden verse alterados (véase, entre otros autores, Byrne & Foulkes, 2004; Rosas y Sommerhoff, 2009; Jiménez, 2011). A modo de ejemplo, los formantes vocálicos que estén por debajo de los 300 Hz y por encima de los 3400 Hz no aparecerán si la grabación procede de una línea telefónica fija, y puede suceder que estos formantes vocálicos se encuentren alrededor de los 300 Hz, como es el caso del primer formante (F1) de las vocales [i] y [u] del español (Quilis y Esqueva, 1983).

Otro factor que condiciona la elección de los parámetros acústicos que se van a considerar es el entorno en el que se han grabado las muestras dubitadas, ya que en ocasiones se pueden apreciar superposiciones de voces y ruidos de fondo que dificultan el análisis de algunos segmentos de habla, como pueden ser los sonidos fricativos, cuyas características acústicas más relevantes se encuentran en el espectro en una región de frecuencias altas, la misma en la que también pueden aparecer los ruidos. En algunos casos, se emplean algoritmos para establecer la relación señal-ruido o la relación armónico-ruido y determinar si las grabaciones son de una calidad aceptable antes de proceder al análisis acústico (Beritelli *et alii*, 2010). Si bien es verdad que existen técnicas que permiten eliminar parte del ruido de la señal, el proceso elimina características importantes para la identificación de algunos sonidos del habla e implica una manipulación de la muestra que puede dar lugar a que el juez la invalide como prueba. Además, no se debe olvidar que las muestras pueden haber sido manipuladas antes de llegar a manos del perito y que esa manipulación no siempre es detectable en la señal (Broeders, 2001); en el caso de que se confirmara que la señal ha sido alterada, la muestra también quedaría invalidada como prueba judicial.

El experto debe determinar qué parámetros acústicos analizará en función de la cantidad de muestras de habla dubitada que se le faciliten y de la duración de estas muestras, factores que condicionarán el número total de casos de cada sonido en un determinado contexto que aparece en las muestras. Parece obvio que cuanto mayor sea el número de muestras, mayor será el número de casos con los que se podrá contar en el análisis, pero es tan importante la duración total de habla como los diferentes momentos en los que se ha obtenido en la muestra. Por ejemplo, cuando se analiza el habla de un sujeto se puede partir de una muestra con una duración total de cuatro minutos o de cuatro muestras con una duración de un minuto cada una; en el último caso, como las muestras proceden de diferentes situaciones comunicativas, tomadas en distintos momentos en el tiempo, en el análisis se debe considerar la variabilidad intralocutor, así como la derivada de los estilos de habla propios de cada situación comunicativa (Battaner *et alii*, 2007). De cualquier modo, lo esencial es disponer de un número estadísticamente relevante de casos de un mismo sonido en el mismo contexto. Por eso, el hecho de contar con un mayor número de muestras facilita la posibilidad de obtener un mayor número de casos en los que se pueden analizar los valores que ayuden a caracterizar la voz dubitada. Además, se ha tener en cuenta que, si no existen suficientes muestras de un fenómeno determinado, no merece la pena estudiarlo, ya que los resultados desde el punto de vista estadístico no serán representativos. Tampoco hay que olvidar que el hecho de que en las muestras se obtenga un mayor número de casos de un determinado sonido está relacionado con su frecuencia de aparición en la lengua. Por ejemplo, en español es más factible obtener más casos para analizar la estructura formántica de una [a] que para estudiar la de una [u], puesto que, según Rojo (1991), la frecuencia de aparición del fonema /a/ es del 13,46%, mientras que la del fonema /u/ es del 3,15%.

2.2. Transcripción y segmentación

El proceso de transcripción depende de los requerimientos del juez. Si el juez solicita saber solo qué se dice en las grabaciones, la tarea del experto se reduce a la transcripción ortográfica del contenido. En este caso, si la señal contiene ruido que enmascara el mensaje, se puede proceder a la limpieza de la grabación. Si, por el contrario, el juez ha solicitado una comparación de varias muestras de habla, el experto no

puede manipular la señal, como ya se ha mencionado, y antes de realizar el análisis acústico, ha de transcribir el discurso a partir de un análisis auditivo, anotando los fenómenos más peculiares del hablante (Cicres, 2011).

En ese proceso, el perito puede optar por realizar una transcripción ortográfica o por emplear un alfabeto fonético. En el primer caso, debe encontrar una forma de sistematizar la aparición de un mismo fenómeno a lo largo del discurso para determinar si la presencia de ese fenómeno es regular y es susceptible de analizarse acústicamente. En el segundo caso, el investigador recurre a un conjunto de símbolos fonéticos que permiten representar detalladamente la articulación del hablante. Con independencia de cuál sea el procedimiento elegido, es aconsejable considerar los factores geográficos y sociales que puedan incidir en las características fonéticas y en otros aspectos lingüísticos de interés para identificar al hablante. Por ese motivo, es recomendable considerar diferentes niveles de análisis. A modo de ejemplo, si el investigador percibe una abertura de las vocales en posición final de palabra, debe anotar esta peculiaridad cada vez que aparezca para determinar, por ejemplo, si corresponde a una marca de plural en el nivel morfológico, lo que podría indicar que se trata de un rasgo dialectal del hablante (Narbona, Cano y Morillo, 1998: 138-145). No obstante, puede ocurrir que el hablante tienda a producir una realización abierta de las vocales sin que la abertura se relacione con una propiedad morfológica; en este caso, es importante el empleo de diferentes técnicas de análisis acústico para determinar con seguridad dicha realización, ya que este rasgo no siempre es fácil de determinar auditivamente. El experto que posea conocimientos fonéticos sabrá que el primer formante de las vocales (F1) es el parámetro acústico que se debe analizar para determinar el grado de abertura de la vocal, ya que cuanto más alto sea su valor más abierta es la vocal (Quilis, 1993: 160-163).

El análisis auditivo, complementado con un análisis acústico detallado, permite establecer los fenómenos que se han de contemplar en el informe pericial sobre las grabaciones dubitadas. Estos fenómenos serán los que se deberían obtener en las grabaciones indubitadas. Es preciso determinar cuáles son las características de la situación comunicativa de las muestras dubitadas a fin de recoger una muestra indubitada en unas condiciones lo más parecidas posibles. Hay que tener también presente que el proceso de obtención de las muestras dubitadas y el de

las indubitadas es diferente. En las muestras dubitadas pueden encontrarse fragmentos de discurso en los que el locutor habla con personas conocidas y en un ambiente familiar, incluso dando voces, mientras que en la obtención de las muestras indubitadas el sujeto tiende a ser poco participativo, y hasta intenta disimular sus características más habituales de habla. Por esta razón, es muy importante que el experto establezca las condiciones de grabación de las muestras dubitadas antes de que se proceda a la grabación de las indubitadas; de esta forma, se aislará, como variable de estudio, la voz de los sujetos y no aparecerán otras variables que puedan afectar a los resultados del análisis (Romito y Galatà, 2004).

3. El proyecto VILE-I

El proyecto VILE-I (Estudio acústico de la variación inter e intralocutor en español, BFF2001-2551)¹, financiado por el Ministerio de Ciencia y Tecnología entre 2001 y 2004, tenía tres objetivos: (a) caracterizar acústicamente los elementos segmentales y suprasegmentales que contribuyen a establecer la individualidad de un hablante frente a aquellos que son comunes a un estilo de habla, a una variedad geográfica o social, o a una lengua; (b) obtener el conocimiento fonético necesario para la mejora de los sistemas de identificación o verificación automáticas del locutor; y (c) dotar a los especialistas en fonética judicial de nuevos datos acústicos que permitan comparar, con un mayor grado de certeza, locutores dubitados e indubitados (Battaner *et alii*, 2007).

3.1. Metodología

En primer lugar, se llevó cabo un análisis de los corpus orales disponibles en español, valorando su utilidad en relación con los objetivos del proyecto. El más apropiado en este sentido era el corpus AHUMADA (Ortega, González y Marrero, 2000), ya que para cada locutor se cuenta con dos estilos de habla (por una parte, habla espontánea y, por otra,

¹ En el proyecto VILE-I participaron, además de los autores de este trabajo, los siguientes investigadores: Elena Battaner (URJC), Carme Carbó (UAB), Juana Gil (UNED), Natalia Madrigal (UAB), Victoria Marrero (UNED), Carme de la Mota (UAB) y Montserrat Riera (UAB). Agradecemos también las valiosas aportaciones de José Antonio Hierro (Servicio de Criminalística de la Dirección General de la Guardia Civil).

lectura a tres velocidades de elocución de un texto fonéticamente equilibrado) y con tres sesiones de grabación separadas en el tiempo. Estas características permitieron tanto el estudio de la variación interlocutor como el análisis de la variación intralocutor.

Del conjunto de la base de datos se seleccionaron 30 locutores masculinos que no presentaran rasgos dialectales muy marcados, y para cada uno de ellos se analizaron las tres sesiones de habla espontánea y las tres sesiones de lectura, considerando únicamente la lectura realizada a velocidad normal. La duración aproximada de cada sesión de grabación para cada informante era de un minuto en cada estilo de habla, de modo que se contó, en total, con 90 minutos de habla espontánea y 90 de lectura.

En el análisis acústico se tuvieron en consideración los siguientes parámetros: (1) parámetros referidos a la fuente: valor medio y desviación estándar de la frecuencia fundamental (f_0) en el grupo de entonación; (2) parámetros referidos a los resonadores: (2.1) características espectrales de la consonante fricativa alveolar sorda [s] en contexto con las vocales [a] y [e], las más frecuentes en el corpus; (2.2) características espectrales de las vocales (frecuencias y amplitud de banda de los 4 primeros formantes, así como la distancia entre formantes) en contextos con consonantes oclusivas sordas y con [s]; y (3) variables temporales como el tiempo total de habla, la proporción entre el habla y los silencios, la velocidad de elocución y la velocidad de articulación (excluyendo, en este caso, la duración de las pausas silenciosas). El estudio de los parámetros temporales y de los parámetros relacionados con la fuente se llevó a cabo en el corpus de habla espontánea, mientras que para el análisis de los parámetros referidos a los resonadores se utilizó el corpus de lectura.

Con el fin de disponer de unidades de un tamaño manejable, el corpus se segmentó en grupos de entonación. En una primera fase se partió del concepto de grupo de entonación propuesto por Quilis (1993: 419) porque facilitaba la segmentación de las muestras de habla espontánea, en las que aparecen grupos de entonación separados por inflexiones tonales, pero posteriormente se tuvieron en cuenta también como límites prosódicos otros fenómenos propios del habla espontánea que implican una interrupción en la cadena hablada, como las pausas sonoras, los alargamientos y la aparición de voz rota. En cada grupo se etiquetaron los segmentos que se iban a analizar. La segmentación, el etiquetado y

el análisis acústico se llevó a cabo mediante el programa Praat (Boersma & Weenink, 2013). En la figura 1 se muestra un ejemplo de segmentación y etiquetado del corpus de lectura.

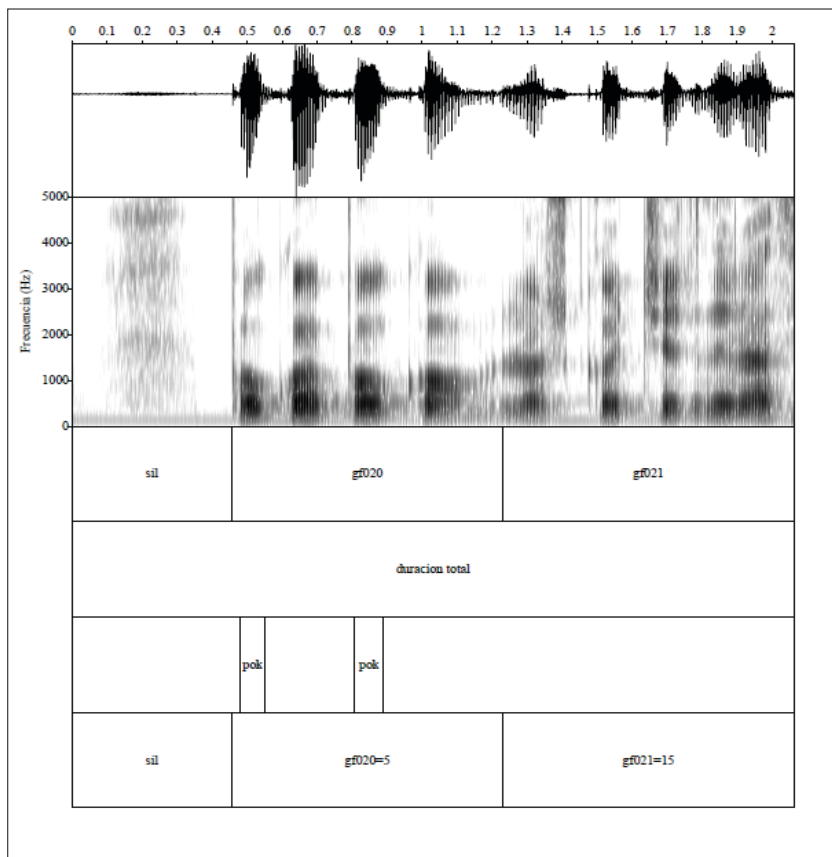


Figura 1. Ejemplo de segmentación y de etiquetado del enunciado “Poco a poco los coches de la” correspondiente al hablante 007 en el corpus de lectura

3.2. Resultados

En primer lugar, se presentan los resultados sobre los parámetros frecuenciales referidos a la fuente, para exponer, a continuación, los datos obtenidos sobre los parámetros que se relacionan con los resonadores.

Finalmente, se ofrecen los datos correspondientes a los parámetros temporales analizados.

3.2.1. Parámetros referidos a la fuente

Se analizaron los valores medios y la variación de la frecuencia fundamental (f_0) en cada una de las tres sesiones de grabación y en los dos estilos de habla considerados. Los valores medios de la f_0 son más bajos en habla espontánea (111,7 Hz) que en lectura (118,6 Hz). Los análisis de varianza de un factor, tomando como variable dependiente el valor medio de la f_0 , y como variable independiente el estilo de habla, muestran diferencias significativas ($p = .008$). Por el contrario, los valores medios de la desviación estándar de la f_0 presentan unos resultados similares tanto en habla espontánea (12,7 Hz) como en lectura (12,8 Hz), y la diferencia no es significativa ($p = .3$). No obstante, no se aprecian diferencias significativas en lo que respecta a la variación intralocutor en ninguno de estos dos parámetros si se comparan las tres sesiones analizadas.

Así mismo, si se consideran como variable independiente los 30 locutores analizados, el valor medio de la f_0 también muestra globalmente diferencias significativas ($p = .002$); aunque, si se compara cada uno de los hablantes con los demás, 8 de ellos no presentan diferencias en sus valores individuales con respecto a los de todo el grupo. Por el contrario, la desviación estándar de la f_0 como variable dependiente no muestra diferencias significativas considerando los 30 hablantes ($p = .1$), pero considerados individualmente los valores de 19 locutores presentan diferencias en relación a los de todo el grupo.

3.2.2. Parámetros referidos a los resonadores

Los parámetros referidos a los resonadores solo se analizaron en el corpus de lectura, puesto que al contar con un texto fonéticamente equilibrado se podían seleccionar las vocales que aparecieran en contextos con menor influencia coarticulatoria: en sílaba abierta y entre oclusivas sordas o /s/. En las vocales se consideraron el valor de frecuencia de los cuatro primeros formantes, la amplitud de banda de cada uno de ellos y la distancia entre los valores de los formantes de una misma vocal. En la Tabla 1 se muestra el número de casos analizados para cada una de las

vocales en sílaba tónica y en sílaba átona; no aparecen datos de la vocal /u/, ya que no se encontraron suficientes casos en el corpus que cumplieran los requisitos previstos en la metodología (Albalá *et alii*, 2008a).

| | Tónicas | Átonas | Total |
|-------|---------|--------|-------|
| /i/ | 90 | 89 | 179 |
| /e/ | 84 | 536 | 620 |
| /a/ | 270 | 83 | 353 |
| /o/ | 450 | 265 | 715 |
| Total | 894 | 973 | 1867 |

Tabla 1. Número de vocales analizadas en el corpus de lectura

Con el fin de comprobar la existencia de variaciones entre locutores y de determinar qué parámetros son los más relevantes para clasificar de la mejor manera posible a cada uno de ellos, se realizó un análisis discriminante. Los análisis de la amplitud de banda de los formantes y de la distancia entre formantes muestran que ninguno de estos parámetros permite explicar la variabilidad interlocutor. En cuanto a los valores de frecuencia de los formantes vocálicos, el grado de discriminación es muy bajo si se considera cada uno de los formantes por separado, pero aumenta cuando se consideran conjuntamente, aunque el porcentaje de discriminación y los parámetros que deben considerarse dependen del timbre de la vocal. En la tabla 2 se pueden observar estos resultados.

| | Porcentaje de discriminación | Parámetros más importantes |
|-----|------------------------------|----------------------------|
| /i/ | 85,6% | F4, F1 y F2 |
| /e/ | 100% | F4 y F2 |
| /a/ | 94,4% | F4 y F3 |
| /o/ | 100% | F4 y F1 |

Tabla 2. Porcentaje de locutores discriminados y parámetros que más contribuyen a la discriminación de locutores

Para discriminar a los 30 hablantes analizados, considerando como parámetros los valores de frecuencia de los formantes de la vocal /i/, se

necesitan tres formantes y, aun así, solo se clasifica correctamente el 85,6% de los sujetos. Para el resto de las vocales únicamente son necesarios dos formantes y el grado de discriminación es mayor. En el caso de la /a/ se clasifican correctamente un 94,4% de los hablantes y en el caso de /e/ y de /o/ se obtiene un 100%. Cabe destacar que para explicar la variabilidad interlocutor interviene el F4 en todas las vocales.

Para determinar si se producían variaciones en un mismo locutor se llevó a cabo un análisis de medidas repetidas. Los resultados muestran que en los parámetros analizados no se observan diferencias significativas entre las tres sesiones de grabación ($p < .05$).

En cuanto a la consonante fricativa alveolar sorda [s], se extrajeron del corpus de lectura cuatro casos en los que este sonido se encuentra precedido y seguido por las vocales /a, e/, que son las que presentan una frecuencia de aparición más elevada en español (Rojo, 1991).

En las tres sesiones de lectura se obtuvieron un total de 360 realizaciones (4 casos x 30 locutores x 3 sesiones), en las que se analizó el

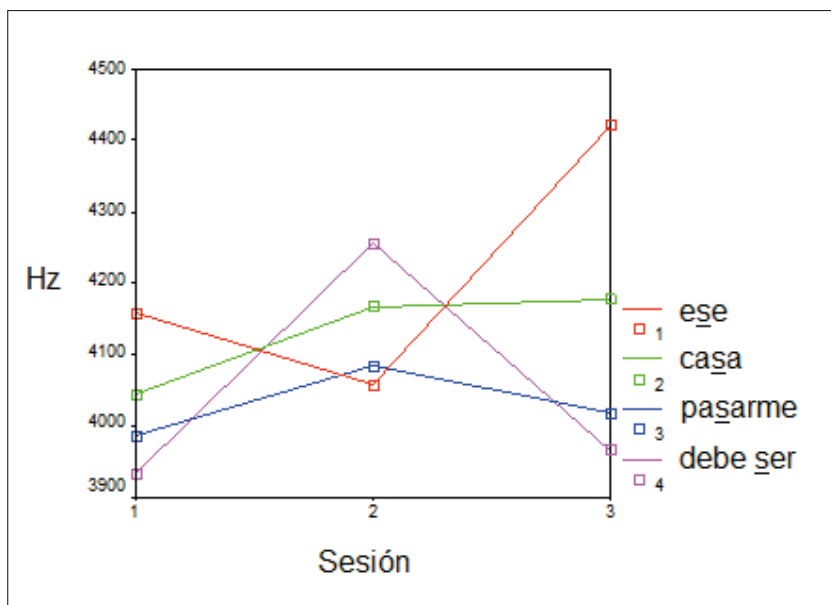


Figura 2. Valor medio en Hz de la frecuencia de la zona de mayor intensidad en la parte central del sonido consonántico [s] en el corpus de lectura y en las tres sesiones de grabación

valor medio en hercios de la frecuencia de la zona de mayor intensidad en la parte central del segmento. En la figura 2 se puede apreciar que los valores medios de la sesión 2 son ligeramente superiores si se comparan con los valores de las otras sesiones, excepto para uno de los casos analizados, identificado como *ese* en la figura. No obstante, las pruebas estadísticas indican que esta consonante no resulta demasiado fiable para identificar a los hablantes: el análisis de medidas repetidas no muestra diferencias significativas entre sesiones ($p = .341$) y el análisis discriminante solo permite clasificar correctamente el 36,7% de los locutores.

3.2.3. Parámetros temporales

De los parámetros temporales analizados, ninguno permite diferenciar de forma significativa al hablante (Albalá *et alii*, 2008b). No obstante, los resultados muestran que algunas variables temporales sirven para diferenciar significativamente los dos estilos de habla considerados: la duración de los grupos de entonación es menor en lectura (1,3 s) que en habla espontánea (1,6 s), y se observa una mayor presencia de pausas, tanto sordas como sonoras, en habla espontánea que en la lectura (véase la figura 3). En la lectura, la duración de los silencios se reduce a medida que se repite la lectura del texto en las diferentes sesiones; por el contrario, no existen en habla espontánea diferencias de duración de los silencios relacionadas con las sesiones. Estos cambios en la duración de las pausas silenciosas no pueden atribuirse a una variación intralocutor, sino a que el conocimiento del texto favorece que se reduzca la duración de los silencios desde la primera sesión hasta la última, grabadas en un intervalo temporal que oscila entre 11 y 40 días; en habla espontánea no sucede esto, ya que el hablante emite un fragmento oral distinto en cada sesión.

Si se considera la variación entre los locutores, la duración total de los silencios muestra un comportamiento distinto de los hablantes en los dos estilos de habla analizados ($p = .000$). A modo de ejemplo, la duración media de las pausas silenciosas en la lectura va desde 7 s en el locutor que presenta el valor más bajo hasta 20 s en el que muestra el más elevado; en habla espontánea, el rango oscila entre 8,7 s en el hablante que ofrece valores más bajos y 23,8 s en el que presenta los más altos.

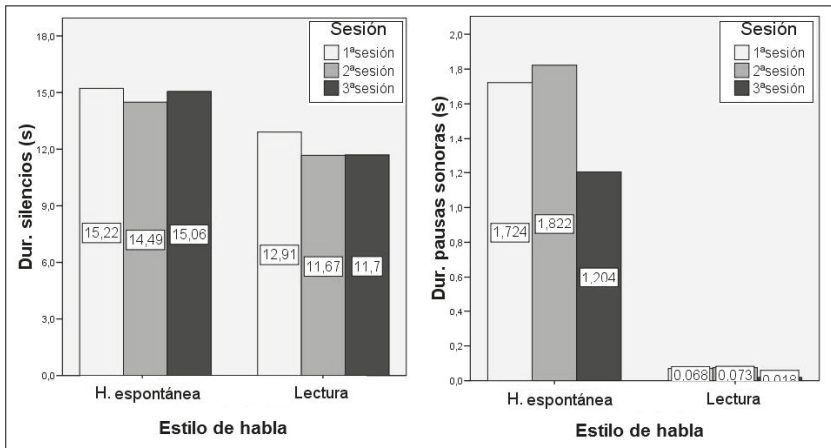


Figura 3. Duración (en segundos) de las pausas sordas y sonoras en función del estilo de habla y de la sesión de grabación

4. Conclusiones

En este trabajo se ha considerado en primer lugar cómo el perito judicial se enfrenta al análisis de las muestras y cómo un procedimiento de análisis utilizando la metodología adecuada puede otorgar una mayor fiabilidad a sus conclusiones. El conocimiento fonético facilita la tarea del experto a la hora de identificar fenómenos lingüísticos relevantes en la señal del habla, como puede ser la realización de determinados sonidos debida a factores que contribuyan a identificar a un hablante. Además, el conocimiento de los resultados de los estudios fonéticos relativos a la variación intra e interlocutor es importante para decidir qué parámetros se van a considerar en el momento de preparar un informe judicial.

A modo de ejemplo, aunque los valores de frecuencia de los formantes de las vocales pueden resultar importantes para la caracterización del hablante, los datos procedentes del proyecto VILE recogidos en el apartado 3.2.2 ponen de manifiesto que el cuarto formante es el más adecuado para discriminar entre hablantes, motivo por el que F4 no debería faltar en esta caracterización. Debe tenerse en cuenta, también, que si las muestras proceden de un teléfono fijo, la señal analizada está limitada en sus bandas de frecuencia y, por tanto, eso imposibilitará el

estudio de los formantes que se sitúen fuera del rango frecuencial de la grabación. Otra conclusión relevante que se desprende de los resultados obtenidos en el proyecto VILE, tal como se muestra en el apartado 3.2.3, es que las diferencias temporales no vienen únicamente determinadas por el locutor, sino por el estilo de habla; por ello, si se elabora un informe judicial a partir de muestras de un mismo hablante en distintas situaciones comunicativas, es posible obtener diferencias estadísticamente significativas, pero esos resultados pueden deberse a variaciones entre los estilos. Por esta razón, es necesario buscar en la medida de lo posible condiciones de grabación similares para que las situaciones comunicativas en las que se obtienen la muestra dubitada y la indubitada sean también similares. Además, cabe considerar las limitaciones relacionadas con el número de casos que se encuentran en la muestra analizada, pues la presencia de un determinado segmento no solo depende del discurso del sujeto, sino de su frecuencia de aparición en la lengua. La transcripción previa de la señal facilita descartar el estudio de determinados fenómenos.

Por último, se ha de mencionar que, aunque existen en la actualidad sistemas automáticos basados en modelos estadísticos específicamente orientados a la identificación del locutor en contextos judiciales, el conocimiento fonético puede aportar informaciones valiosas a la hora de comparar las muestras dubitadas con las indubitadas. Por ello, la labor del experto debería sustentarse no solo en el conocimiento tecnológico, sino también en una sólida formación lingüística que le permita abordar con fiabilidad y desde una perspectiva integradora la participación en un proceso penal.

5. Referencias bibliográficas

- Albalá, María José; Battaner, Elena; Carranza, Mario; Gil, Juana; Llisterri, Joaquim; Machuca, María J.; Madrigal, Natalia; Marquina, Montserrat; Marrero, Victoria; de la Mota, Carme; Riera, Montserrat & Ríos, Antonio. 2008a. VILE: Nuevos datos acústicos sobre vocales del español. *Language Design. Journal of Theoretical and Experimental Linguistics. Special Issue 1: New Trends in Experimental Phonetics: Selected Papers From the IV International Conference on Experimental Phonetics (Granada, 11-14 February 2008)* 1: 1-14.
- Albalá, María José; Battaner, Elena; Carranza, Mario; Gil, Juana; Llisterri, Joaquim; Machuca, María J.; Madrigal, Natalia; Marquina, Montserrat;

- Marrero, Victoria; de la Mota, Carme; Riera, Montserrat & Ríos, Antonio. 2008b. VILE: Análisis estadístico de los parámetros relacionados con el grupo de entonación. *Language Design. Journal of Theoretical and Experimental Linguistics. Special Issue 1: New Trends in Experimental Phonetics: Selected Papers From the IV International Conference on Experimental Phonetics (Granada, 11-14 February 2008)* 2: 15-21.
- Battaner, Elena; Carbó, Carme; Gil, Juana; Llisterri, Joaquim; Machuca, María J.; Madrigal, Natalia; de la Mota, Carme; Riera, Montserrat & Ríos, Antonio. 2007. VILE: estudio acústico de la variación inter e intralocutor en español. En *Actas do III Congreso Internacional de Fonética Experimental*, celebrado en Santiago de Compostela, 157-167.
- Beritelli, Francesco; Casale, Salvatore; Grasso Rosario & Spadaccini, Andrea. 2010. Performance Evaluation of SNR Estimation Methods in Forensic Speaker Recognition. En *Proceedings of the Fourth International Conference on Emerging Security Information, Systems and Technologies (SECURWARE 2010)*, Venecia (Italia), 88-93.
- Boersma, Paul & Weenink, David. 2013. Praat: doing phonetics by computer [Computer program]. Versión 5.3.53. <http://www.praat.org/>.
- Broeders, A. P. A. (Ton). 2001. Forensic speech and audio analysis. Forensic linguistics. 1998 to 2001. A review. En *13th INTERPOL forensic sciences symposium*. Lyon, France, October 16-19, 2001. <https://www.interpol.int/Public/Forensic/IFSS/meeting13/Reviews/ForensicLinguistics.pdf> [Acceso 24/07/2013].
- Byrne, Catherine & Foulkes, Paul. 2004. The “Mobile Phone Effect” on vowel formants. *International Journal of Speech Language and the Law* 11(1): 83-102.
- Cicres, Jordi. 2011. Transcripció i autenticació de gravacions en contextos judicials. *Llengua, Societat i Comunicació. Revista de Sociolingüística de la Universitat de Barcelona* 9: 23-62. http://www.ub.edu/cusc/revista/lsc/hemeroteca/numero9/articles/4_JCicres_ling-forense_LSC-corrDEF.pdf.
- Rosas, Claudia & Sommerhoff, Jorge. 2009. Efectos acústicos de las variaciones fonopragmáticas y ambientales. *Estudios Filológicos* 44: 195-210.
- Gascón, Marina. 2007. Validez y valor de las pruebas científicas: La prueba del ADN. *Cuadernos electrónicos de Filosofía del Derecho* 15. <http://www.uv.es/cefd/15/gascon.pdf>.
- Gil, Juana. 2011. Más allá del “efecto CSI”: Avances y metas de la Fonética Judicial. Sesión Plenaria presentada en el V Congreso de Fonética Experimental. Cáceres.

- Jiménez, Juan Julián. 2011. Estructura formántica y campo de dispersión de las vocales del español en telefonía móvil. *Estudios Fónicos / Cuadernos de Trabajo* 1: 39-58. <http://www.estudiosfonicos.cchs.csic.es/fonetica/cuadernos/index.php/estfon/article/view/7>.
- Künzel, Hermann. 2001. Beware of the “telephone effect”: the influence of telephone transmission on the measurement of formant frequencies. *International Journal of Speech Language and the Law* 8(1): 81-99.
- Narbona, Antonio; Cano, Rafael & Morillo, Ramón. 1998. *El español hablado en Andalucía*. Barcelona: Ariel Lingüística
- Ortega, Javier; González, Joaquín & Marrero, Victoria. 2000. AHUMADA: A large speech corpus in Spanish for speaker characterization and identification. *Speech Communication* 31(2-3): 255-264. doi:10.1016/S0167-6393(99)00081-3.
- Quilis, Antonio. 1993. *Tratado de fonología y fonética españolas*. Madrid: Gredos (Biblioteca Románica Hispánica, Manuales, 74).
- Quilis, Antonio & Esgueva, Manuel. 1983. Realización de los fonemas vocálicos españoles en posición fonética normal. En Esgueva, Manuel & Cantarero, Margarita (ed.) *Estudios de fonética* I. Madrid: Consejo Superior de Investigaciones Científicas, 137-252
- Rojo, Guillermo. 1991. Frecuencia de fonemas en español actual. En Brea, Mercedes & Fernández Rei, Francisco (coord.) *Homenaxe ó Profesor Constantino García*. Universidade de Santiago de Compostela, Departamento de Filoloxía Galega, 451-467.
- Romito, Luciano & Galatà, Vicenzo. 2004. Towards a protocol in speaker recognition analysis. *Forensic Science International* 146S: 107-111.
- Rose, Philip. 2002. *Forensic Speaker Identification*. Londres/Nueva York: Taylor & Francis Forensic Science Series.
- Rose, Philip. 2003. The technical comparison of forensic voice samples. En Freckelton, Ian & Selby, Hugh (ed.) *The Law of Expert Evidence*. Sydney: Thomson Reuters.

