

detenimiento se habrá dado cuenta de que las pruebas en las que no se cumple el corolario de nuestra segunda hipótesis están concentradas exclusivamente en la columna que compara las dos versiones de la locutora 5 (Ma. Rosa Pizà). Para interpretar este resultado hemos de tener en cuenta que en el momento de grabar la frase portadora se solicitaba a los informantes (dobladores profesionales) que construyeran sus dos versiones sonoras lo más distintas posibles entre sí, se les pedía que intentaran construir dos personajes distintos a partir del sonido de su voz. Entonces, lógicamente, los resultados de la comparación entre las dos versiones de la locutora 5 podrían tener su origen en una excelente labor de diferenciación.

Para comprobar si realmente la razón de que esas tres pruebas no se ajustasen a nuestras hipótesis se debía a la capacidad profesional para crear personajes distintos de nuestra quinta locutora, decidimos realizar una tercera serie de pruebas T-Test alternativas a la comparación de V.15 con V.25. Si nuestra hipótesis es cierta, subdividiendo los datos de cada una de estas versiones en dos subgrupos diferentes y comparándolos entre sí vocal por vocal las diferencias que se habían localizado entre las dos versiones de la locutora 5 desaparecerían y todas las pruebas reflejarían la pertenencia de los subgrupos comparados a la misma población, ya que, teóricamente, en estas pruebas sí que estaríamos comparando muestras de la misma voz (en

realidad de la voz del mismo personaje) desde el punto de vista perceptivo.

Se subdividieron los datos de(F2-F1) de cada una de las dos versiones de la locutora 5 en dos subgrupos, repartiéndolos de modo que la cifra que correspondía a la distancia entre formantes (F2-F1) de la primera "A" analizada pasaba al primer subgrupo, es decir a V.15(1), la (F2-F1) de la segunda "A" analizada al segundo subgrupo, o sea a V.15(2), la (F2-F1) de la tercera "A" al primer subgrupo, la cuarta al segundo... y así sucesivamente con las (F2-F1) de todos los sonidos. Y el mismo proceso se repitió con V.25 creándose también los subgrupos v.25(1) y v.25(2).

En la página: 178.1, el lector puede ver también la tabla resultante de esta serie de pruebas alternativas, y comprobar en ella como, efectivamente, al comparar entre sí la distancia entre formantes de los subgrupos de cada versión no aparece ninguna prueba que indique que los datos pertenecen a poblaciones distintas. La lógica de presentación de la tabla es idéntica a la de las dos anteriores y la única diferencia consiste en la aparición de un guión que expresa la insuficiencia de datos para realizar la prueba T-test en ese caso.

6.4.1.2. Conclusiones.

A partir de las pruebas expuestas más arriba podemos deducir que, en efecto, el parámetro (F_2-F_1) es un instrumento válido para decidir si dos voces pertenecen o no al mismo locutor desde el punto de vista estadístico, aunque con algunos matices y observaciones.

Según nuestros resultados, estudiando la distancia entre el primer y el segundo formante de los sonidos vocálicos podemos deducir si dos voces pertenecen o no al mismo locutor, siempre y cuando este locutor no esté enmascarando acústicamente su propia voz. En cualquier caso, tal como hemos comprobado en este experimento, el enmascaramiento tiene que ser lo suficientemente eficaz puesto que los cuatro locutores que hemos estudiado hacían este intento y sólo uno de ellos ha conseguido realmente diferenciar acústicamente las vocales de sus dos versiones del texto con cierta eficacia y, aún en este caso, la diferenciación no se ha conseguido con las cinco vocales sino solo con tres de ellas ("A", "E", y "U").

No obstante, puesto que el objetivo de nuestra investigación tiene como finalidad específica aportar nuevos conocimientos sobre la voz desde el punto de vista expresivo y no desde puntos de vista como el policial o el de la creación de sistemas de seguridad, podemos afirmar con libertad que la distancia entre el primer formante y el

segundo en los sonidos vocálicos determina diferencias acústicas importantes entre unas voces y otras y, por tanto, que parece un instrumento esencial para distinguir auditivamente unos personajes de otros desde el sonido de la voz.

Es necesario hacer una última puntualización a las conclusiones anteriores: a la vista de los resultados obtenidos el parámetro $(F2-F1)$ parece no ser eficaz como instrumento discriminador en el caso de la "U". Lo que significa que para analizar una voz, o para comparar entre sí varias voces a partir de este parámetro deberíamos prescindir de esa vocal.

6.4.2. Hipótesis de la distribución de formantes en las bandas críticas.

Recuperaremos en primer lugar nuestra primera hipótesis ya que probablemente ha quedado demasiado alejada como para que el lector la recuerde todavía:

HIPOTESIS 1(a).

A partir del tercero, los formantes del espectro frecuencial de los sonidos vocálicos no se organizan en función de los rasgos acústicos lingüísticos, sino que

dependen fundamentalmente de características sonoras individuales del locutor.

HIPOTESIS 1(b).

La distribución en bandas críticas de los datos obtenidos al medir los formantes altos del espectro de los sonidos vocálicos, constituyen un instrumento estadístico capaz de discriminar entre sí voces de distintos locutores o de asociar las voces que pertenezcan al mismo locutor.

Más arriba, en el apartado 5.3., habíamos explicado ya cuales son las razones que nos llevan en esta investigación a fragmentar el espectro de frecuencia en bandas críticas y a estudiar si la distribución estadística de los formantes en estas bandas actúa como un instrumento capaz de discriminar voces de distintos locutores, así que pasaremos directamente a exponer el proceso que se ha seguido para decidir si nuestra primera hipótesis debía, o no, ser aceptada.

6.4.2.1. División del espectro acústico en: ZONA BAJA y ZONA ALTA.

La primera necesidad que planteaba la comprobación de nuestra primera hipótesis era una nueva recodificación de

los datos que permitiese agruparlos en las bandas de frecuencia con las que necesitábamos trabajar. La recodificación se realizó, lógicamente, asignando cada una de las frecuencias que habíamos medido durante la adquisición de datos a la banda crítica que le corresponde según el diagrama de Zwizker (ZWUIZKER,1960) (ver apartado: 6.3.1.1).

Una vez recodificados los datos se procedió a hacer una primera selección tanto en función del trabajo que ya habíamos realizado al estudiar la hipótesis de la diferencia de formantes como de la teoría fonética. Puesto que ya habíamos estudiado minuciosamente la influencia de la individualidad acústica del locutor en los dos primeros formantes, ahora debíamos estudiar, en buena lógica, todos los restantes que estuvieran por encima de los dos primeros. Es decir, teníamos que analizar solo los formantes altos y, si dábamos por válido nuestro estudio anterior, los formantes altos eran todos excepto lo dos primeros.

Esta decisión metodológica implica asumir una división básica del espectro frecuencial de la voz en dos partes que hasta ahora hemos denominado de una forma relativamente vaga como: "parte baja" y "parte alta" y que desde este momento estamos en condiciones de definir con exactitud y precisión. La división del espectro que estamos acuñando parte de la teoría fonética, en tanto que esta asume como esenciales y suficientes los dos primeros formantes para construir la

forma acústica de todas las vocales. Si, siguiendo de nuevo a Quilis, tenemos en cuenta que "en la síntesis vocálica, los dos primeros formantes bastan para caracterizar el timbre de todas las vocales (orales y nasales) y para asegurar su percepción." (QUILIS, 1981:152), parece perfectamente coherente hacer el estudio del timbre global (timbre vocálico y timbre personal o individual) en dos partes perfectamente diferenciadas y según metodologías distintas. Y estas dos partes han de venir definidas por la altura a la que se sitúan estos dos primeros formantes.

Partiendo de que la "I" es la vocal cuyo segundo formante alcanza una frecuencia más alta en castellano, y de que este segundo formante no acostumbra a subir más allá de los 2700 Hz, nos parece adecuado dividir el espectro acústico en dos partes para el estudio del timbre tomando como punto de referencia la altura de 2.800 Hz. Esta frecuencia coincide con la división entre la treceava y la catorceava banda crítica según el diagrama de Zwicker. Desde esta referencia, definiremos la ZONA BAJA del espectro acústico como aquella que va de 0 a 2800 Hz y la ZONA ALTA como la que se extiende entre los 2.800 y los 15.000 Hz.

La división del espectro en ZONA BAJA y ZONA ALTA nos daba ya un criterio válido para concretar una selección de los datos que permitiese estudiar solamente los formantes altos, o sea, los localizados en la ZONA ALTA del espectro. Por supuesto, el criterio fue seleccionar para el análisis

estadístico todos los datos de aquellos formantes situados por encima de los 2.800 Hz.

Recodificados los datos en bandas críticas y seleccionados solamente aquellos que configuraban a los formantes altos estábamos ya en condiciones de desarrollar un análisis estadístico que nos ayudase a decidir si la hipótesis de la distribución de formantes en las bandas críticas era o no cierta.

6.4.2.2. Lógica de las pruebas de hipótesis.

Para comprobar si las dos partes de nuestra hipótesis son o no son ciertas, estudiaremos en primer lugar si se cumple que la distribución de los formantes altos es específica de cada locutor, puesto que si esta parte de la hipótesis tiene que ser descartada, automáticamente deberíamos descartar también la parte primera. En caso de que, efectivamente, comprobemos que se cumple la especificidad para cada locutor de la distribución de los formantes altos, procederemos a estudiar hasta que punto los rasgos acústicos lingüísticos influyen en esta especificidad, es decir, hasta qué punto la postura del resonador bucal al pronunciar uno u otro fonema afecta a la distribución de los formantes altos.

Pero pasemos ya a exponer el desarrollo lógico de la sucesión de pruebas que realizaremos para decidir sobre la validez de nuestra hipótesis:

A). Si es cierto que los formantes acústicos de la voz dependen de la especificidad tímbrica de cada individuo, se distribuirán de manera distinta para cada locutor en las 6 bandas críticas que fragmentan el espectro de frecuencias entre los 2.800 y los 10.000 Hz (2.800 a 3.550, 3.550 a 4.500, 4.500 a 5.600, 5.600 a 7.100, 7.100 a 9.000 y 9.000 a 10.000,...).

Y, siguiendo el mismo proceso lógico, si es también cierto que los formantes altos de la voz se distribuyen en las bandas críticas de manera distinta para cada locutor, al estudiar estadísticamente los datos de la muestra de sonidos analizados debería cumplirse que la distribución de los formantes acústicos en esas seis bandas es distinta de una distribución debida exclusivamente al azar, es decir, de una distribución equiprobable; esto demostraría que la concentración de formantes en las bandas críticas que localizamos en cada voz no es un hecho puramente casual.

B). Puesto que nuestra hipótesis afirma que la distribución de los formantes altos es específica de cada locutor, debería ser comprobable estadísticamente que la distribución de los formantes altos de cada uno de los

locutores es significativamente distinta de la distribución de todos los demás.

C). Ya que la hipótesis afirma la especificidad para cada locutor de la distribución de los formantes altos, debería ser demostrable también el corolario de esta afirmación; es decir, debería ser comprobable estadísticamente que comparando la distribución de formantes de dos muestras distintas de la voz del mismo locutor (por ejemplo, las dos versiones sonoras del texto portador que construyó cada locutor), estas distribuciones no son significativamente distintas entre sí.

D). En el caso de que las tres comprobaciones anteriores indiquen que la segunda parte de nuestra hipótesis es cierta, podremos estudiar si realmente la distribución de los formantes altos depende o no de los rasgos lingüísticos. Si es cierta la afirmación de la no influencia de los rasgos lingüísticos, se debería poder comprobar estadísticamente que la distribución de los formantes altos de todas las "A" analizadas de una determinada versión, no es significativamente distinta de la distribución de formantes del resto de los datos de esa misma versión. Y eso debería cumplirse, uno a uno, para todos los sonidos vocálicos.

E). Finalmente, si los rasgos lingüísticos no influyen en la distribución de los formantes altos de los sonidos vocálicos, debería cumplirse también el corolario de la condición anterior; es decir, debería cumplirse que la distribución de formantes de la "A" de una versión determinada del locutor "X" fuese significativamente distinta de la distribución de formantes de las "A" de cualquier versión de cualquier otro locutor "Y". Obviamente, si la hipótesis es cierta, esta condición la cumplirían, uno a uno, todos los sonidos vocálicos de las dos versiones de cada locutor.

6.4.2.3. Desarrollo y resultados de las pruebas de hipótesis.

Puesto que el método que hemos decidido utilizar, a partir de una serie de reflexiones sobre la observación de los datos (ver apartado 5.3.1) es el análisis estadístico de la concentración de formantes en las bandas críticas para cada una de las voces, o, más concretamente, la comparación sucesiva de la distribución de formantes de cada voz respecto a las demás; la prueba estadística que utilizaremos sistemáticamente será el test "JI cuadrado", siempre comparando entre sí distintas distribuciones de frecuencia estadística (no debe confundir el lector "frecuencia estadística" con "frecuencia en Hz")

Al hablar de "frecuencia estadística" nos referimos a la acumulación de datos para un valor de determinada variable, mientras que al referirnos a "frecuencia en Hz" estamos utilizando el concepto de mecánica ondulatoria que expresa el número de oscilaciones por unidad de tiempo.

En todas estas pruebas, cada formante está caracterizado exclusivamente por su frecuencia central en Hz. Es decir, que cada vez que nos referimos a la "distribución de formantes en las bandas críticas", estadísticamente estamos refiriéndonos a la distribución de los datos de frecuencia en Hz que se acumulan en cada banda un vez hecha la recodificación correspondiente. En síntesis: el número de datos de frecuencia en Hz que se acumula en cada banda crítica expresa la acumulación estadística de formantes en esa misma banda. Y, lógicamente, estas acumulaciones o concentraciones de formantes pueden calcularse, estudiarse y compararse a partir de diferentes fragmentaciones de los datos.

Para realizar las pruebas estadísticas sobre la hipótesis de distribución de formantes se ha utilizado siempre el procedimiento NPAR TESTS CHI-SQUARE del paquete estadístico "SPSS".

PRUEBA A.

Esta primera prueba se realizó utilizando todos los datos disponibles sobre frecuencias en Hz de los formantes

altos de cada locutor, ya que se quería comparar la distribución de formantes de cada uno de los locutores con una distribución equiprobable.

El resultado de los tests χ^2 CUADRADO respecto a la equiprobabilidad fue el siguiente:

Loc.2/Equip	Loc.3/Equip	Loc.4/Equip	Loc.5/Equip
-----	-----	-----	-----
0,008	0,005	0,051	0,000

Como el lector puede comprobar todas las pruebas indican que la distribución de los formantes de la voz de cada uno de los locutores es significativamente distinta de una distribución equiprobable y, por tanto, podemos afirmar con un margen de error del 5% que, efectivamente, la distribución de formantes de las voces estudiadas no se debe al azar.

PRUEBA B.

Para comprobar si la distribución de los formantes altos de la voz de cada locutor es significativamente distinta de la distribución de formantes de las voces de todos los demás se compararon todas las distribuciones entre

sí de dos en dos mediante sendos tests JI CUADRADO. El resultado de las pruebas lo exponemos a continuación:

Loc.2/Loc.4: 0,000 Loc.4/Loc.3: 0,000

Loc.2/Loc.3: 0,000 Loc.4/Loc.5: 0,000

Loc.2/Loc.5: 0,000 Loc.3/Loc.5: 0,000

Los tests JI CUADRADO indican que todas las distribuciones de los formantes altos son distintas entre sí, lo que significa que podemos afirmar, esta vez con un margen de error inferior al 1 por 1.000, que la distribución de los formantes altos para las voces estudiadas es específica de cada voz y distinta de todas las demás. Es decir, podemos afirmar ya que en la Zona Alta del espectro de frecuencias la distribución de formantes de los sonidos vocálicos se organizan en función de la especificidad tímbrica de la voz de cada individuo.

PRUEBA C.

Para comprobar si es cierto el corolario de la afirmación anterior, es decir, para verificar si la distribución de los formantes altos de dos muestras de voz de un mismo locutor efectivamente no son significativamente

distintas entre sí, hemos aplicado el test JI CUADRADO del siguiente modo: tras calcular la distribución de los formantes aislando los datos de las dos versiones del texto construidas por cada uno de los locutores estudiados, se compararon entre sí las dos distribuciones de formantes de cada uno de los locutores. En tanto que dos de las versiones (12 y 22, por ejemplo) son muestras distintas de la voz de un mismo locutor, el resultado de aplicar una prueba de comparación JI CUADRADO entre sus dos distribuciones de formantes debería indicar una diferencia no significativa, o dicho de otro modo, debería indicar que los elementos de estas dos distribuciones pertenecen a la misma población.

Se realizaron esos tests y el resultado fue el siguiente:

V. 12/V. 22	V. 14/V. 24	V. 13/V. 23	V. 15/V. 25
-----	-----	-----	-----
0,007	0,108	0,164	0,001

Evidentemente, los resultados de estas cuatro pruebas no se ajustan demasiado satisfactoriamente a nuestra hipótesis. Si aceptamos como válido un margen de error del 10%, prácticamente los cuatro tests indican que la voz con que se construyó cada versión es significativamente distinta de su homóloga del mismo locutor. No obstante, a la vista de

la fuerte coherencia de las dos pruebas anteriores respecto a nuestra hipótesis, consideramos que las diferencias entre versiones del mismo locutor que habíamos localizado debían interpretarse como resultantes del esfuerzo de los dobladores por construir personajes distintos modificando su voz y diferenciándola lo más posible de una versión del texto a otra.

Es interesante observar que la localización de diferencias entre la distribución de los formantes altos entre las dos versiones del texto de cada locutor se ajusta perfectamente a los resultados que obtuvimos en el análisis de los tests de percepción, en los que comprobamos que un locutor, alterando el sonido de su voz, era capaz de construir acústicamente dos personajes radicalmente distintos entre sí a los oídos de los receptores.

Pero volvamos de nuevo a el discurso sobre las pruebas de hipótesis. Si nuestra interpretación no era errónea, para que fuera posible seguir manteniendo la hipótesis debíamos verificar que en una serie de pruebas alternativa a la anterior en la que las comparaciones fuesen entre subgrupos de cada una de las versiones, se obtendrían resultados que reflejarían la pertenencia a la misma población de todas las parejas de datos comparadas.

La forma de dividir cada versión en dos subgrupos, por ejemplo V.12 en V.12(1) y V.12(2), V.13 en V.13(1) y

Ante las conclusiones a las que nos llevaba la última serie de pruebas, decidimos hacer aun una nueva comprobación estadística que pudiese reafirmar o descartar la tesis de que la distribución de los formantes altos en los sonidos vocálicos cambia dependiendo también de las alteraciones voluntarias de la voz hechas con fines expresivos. Si esta afirmación es cierta, la distribución de formantes de cada una de las dos versiones del texto que grabó cada locutor ha de ser distinta de todas las demás versiones del resto de los locutores. O, dicho de otro modo, si la voz de cada locutor tiene un timbre específico propio y, a la vez, es capaz de construir dos voces con un perfil acústico distinto en la Zona Alta del espectro, cada una de estas voces tiene que ser acústicamente distinta de cualquier otra voz construida por otro locutor. Si esta condición no se cumpliera deberíamos descartar o modificar nuestra última afirmación.

Para comprobar si la distribución de los formantes altos de cada versión era distinta de las distribuciones de todas las demás versiones, se compararon, dos a dos, las distribuciones de todas las versiones en todas las combinaciones posibles mediante sendos tests χ^2 CUADRADO.

Al final de la página siguiente, junto a las otras cuatro series de pruebas sobre la hipótesis de la distribución de formantes en las bandas críticas que hemos

expuesto más arriba, se presentan los resultados de estos últimos tests.