

desviación estandar). En algunos cuadros también se ha colocado en la fila superior el sonido vocálico del que han sido extraídas las medias.

Recuerde el lector que en el capítulo anterior llegábamos a la conclusión de que algunos de los sonidos vocálicos no eran adecuados para utilizarlos como parámetro discriminante en la comparación de voces; concretamente la "u" al manejar la distancia  $(F2-F1)$  era uno de ellos. Esta es la razón por la que el lector observará la ausencia de la "u" tanto en la tabla de "FRECUENCIAS MEDIAS DE  $(F1)$ " como en todas las tablas de "DISTANCIAS MEDIAS DE  $(F2-F1)$ ".

INTENSIDADES Y FRECUENCIAS MEDIAS DE (F0)

---

	FREC. (Db)	DES. ST	INT. (Hz)	DES. ST
V-12:	92,5	18	76,3	5
V-22:	101,5	21	77,4	5
V-14:	115	27	75	5
V-24:	159,4	39	73,3	9
V-13:	150,9	30	73,7	4
V-23:	205,4	47	77,8	7
V-15:	174,2	34	84,1	3
V-25:	169,1	37	78,5	3

FRECUENCIAS MEDIAS DE (F1) VOCAL A VOCAL

---

	- a -	DES. DT	- e -	DES. ST	- i -	DES. ST	- o -	DES. ST
V-12:	632,1	167	291,6	80	210	28	330	72
V-22:	564,3	222	390	57	216,6	20	400	52
V-14:	535,6	141	325	74	225	25	305	27
V-24:	535,7	76	335,7	56	258,3	58	300	43
V-13:	360,7	81	325	42	266,7	13	308,3	30
V-23:	525	155	346,4	44	313,5	54	375	50
V-15:	410,7	32	364,1	19	295	32	337,5	14
V-25:	428,1	245	300	52	283,3	49	346,4	51

FRECUENCIA E INTENSIDAD MEDIAS DE (F1) Y (F2)

---

	----- (F1) -----				----- (F2) -----			
	FREC. (Hz)	DES. ST	INT. (Db)	DES. ST	FREC. (Hz)	DES. ST	INT. (Db)	DES. ST
V-12:	371	197	69,7	7	1418	612	55,6	8
V-22:	388,5	167	75,9	8	1464,2	770	62,8	10
V-14:	348,1	142	77,2	7	1633	564	65	7
V-24:	360	117	76,4	10	1719	643	67	8
V-13:	314,3	56	73,8	7	1572,3	703	52	9
V-23:	386,3	111	75,1	10	1421,1	582	59,6	8
V-15:	421,4	-	81,5	6	1842,6	766	68,4	8
V-25:	341,1	137	77,6	7	1754,1	711	58	9

DISTANCIAS MEDIAS DE (F2-F1) VOCAL A VOCAL

---

## VERSION-12 (1a versión del Loc-2)

	MEDIA	DES.ST
a:	743	171
e:	1904	144
i:	2220	97
o:	550	175

## VERSION-22 (2a versión del Loc-2)

	MEDIA	DES.ST
a:	589	188
e:	1820	251
i:	2196	213
o:	528	109

## VERSION-14 (1a versión del Loc-4)

	MEDIA	DES.ST
a:	956	149
e:	1785	219
i:	2180	203
o:	729	117

## VERSION-24 (2a versión del Loc-4)

	MEDIA	DES.ST
a:	971	165
e:	1875	189
i:	2237	90
o:	736	151

## VERSION-13 (1a versión del Loc-3)

	MEDIA	DES.ST
a:	1218	172
e:	2221	129
i:	2450	131
o:	758	119

## VERSION-23 (2a versión del Loc-3)

	MEDIA	DES.ST
a:	1182	174
e:	2158	274
i:	2421	109
o:	639	151

## VERSION-15 (1a versión del Loc-5)

	MEDIA	DES.ST
a:	1436	104
e:	2309	60
i:	2490	82
o:	862	139

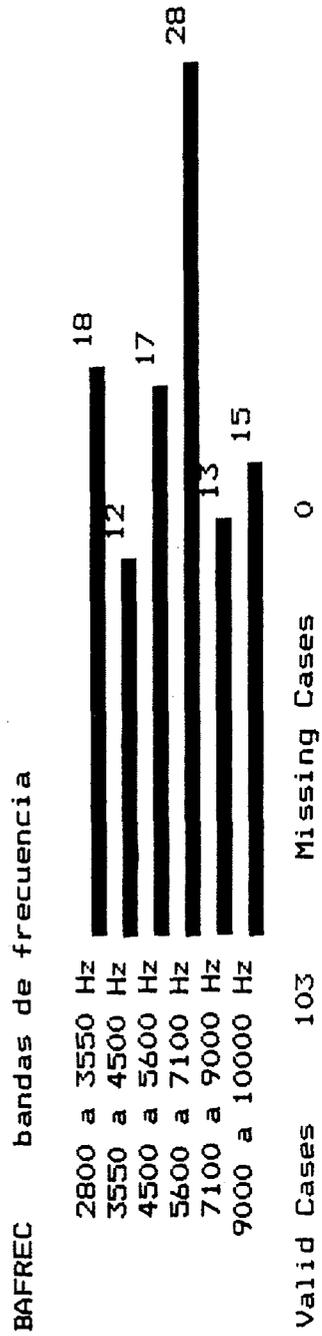
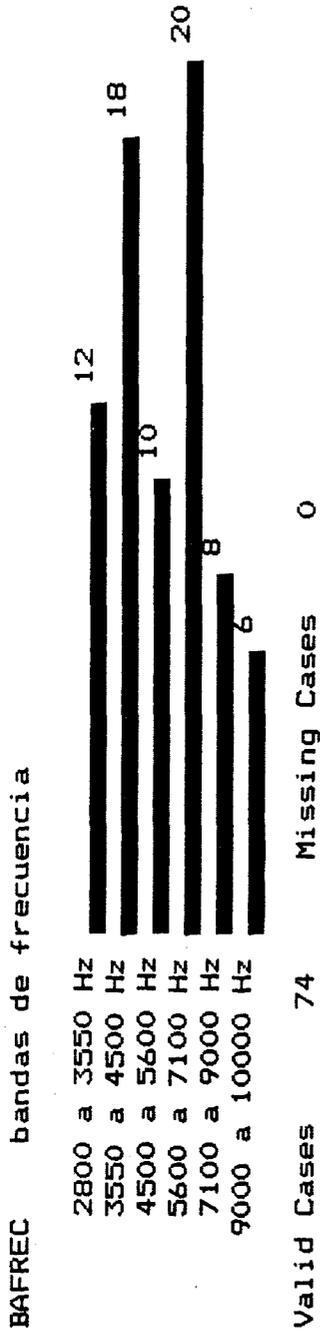
## VERSION-25 (2a versión del Loc-5)

	MEDIA	DES.ST
a:	1504	158
e:	2458	115
i:	2575	190
o:	854	210

Con estas tabla de medias disponíamos ya de valores suficientes para configurar aproximaciones gráficas representativas de la zona baja del espectro.

El siguiente problema a resolver era la implementación de nuestro estudio de la zona alta del espectro en esos mismos gráficos. Habíamos trabajado con distribuciones de formantes en las bandas críticas, y estas distribuciones se habían mostrado como discriminantes al comparar una voces con otras. En consecuencia, las bandas críticas en las que se acumula una mayor cantidad de formantes son estadística y acústicamente las más representativas de cada voz. Así, realizando un análisis estadístico de la distribución de formantes en las bandas críticas y seleccionando a partir de dicho análisis las bandas con mayor acumulación de formantes, dispondríamos de una selección aproximativa de los datos que nos permitiría reconstruir una representación la Zona Alta del espectro de cada voz.

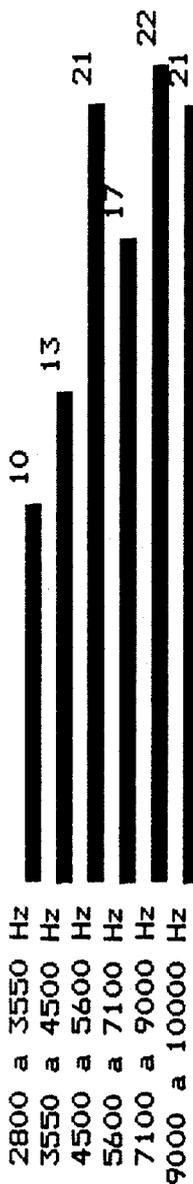
Ajustándonos a la teoría que proponíamos en las conclusiones del capítulo anterior, este análisis de la distribución de formantes en las bandas críticas de la zona alta del espectro se realizó conjuntamente con los datos de todos los sonidos estudiados a excepción de los de las "i" (ver pag.205). En las cuatro páginas siguientes el lector puede ver los diagramas de barras que expresan el nivel de acumulación de formantes en cada una de las bandas críticas para todas las voces estudiadas.



BAFREC	bandas de frecuencia	Valid Cases	Missing Cases
	2800 a 3550 Hz	80	0
	3550 a 4500 Hz		
	4500 a 5600 Hz		
	5600 a 7100 Hz		
	7100 a 9000 Hz		
	9000 a 10000 Hz		

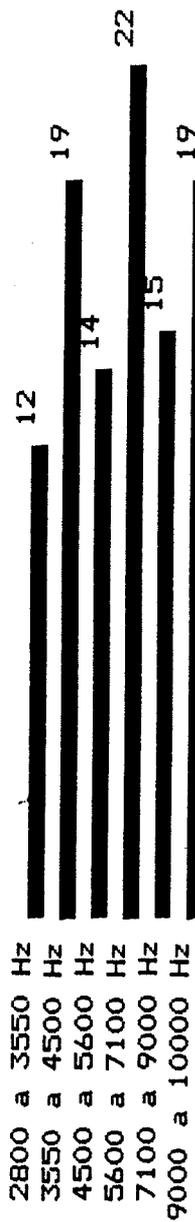
BAFREC	bandas de frecuencia	Valid Cases	Missing Cases
	2800 a 3550 Hz	104	0
	3550 a 4500 Hz		
	4500 a 5600 Hz		
	5600 a 7100 Hz		
	7100 a 9000 Hz		
	9000 a 10000 Hz		

BAFREC bandas de frecuencia



Valid Cases 104 Missing Cases 0

BAFREC bandas de frecuencia



Valid Cases 101 Missing Cases 0

Page 18 DISTRIBUCION DE LOS FORMANTES EN LAS BANDAS CRITICAS  
VERSION 15

BAFREC bandas de frecuencia



Valid Cases 109 Missing Cases 0

Page 20 DISTRIBUCION DE LOS FORMANTES EN LAS BANDAS CRITICAS  
VERSION 25

BAFREC bandas de frecuencia



Valid Cases 82 Missing Cases 0

Puesto que lo que perseguíamos era encontrar una aproximación al espectro medio de cada una de las voces, partiendo de estos diagramas no planteaba ya ninguna dificultad seleccionar las bandas críticas más representativas de cada voz. Para realizar la aproximación se decidió trabajar a la inversa, es decir, despreciando las dos bandas críticas de cada voz en las que se habían acumulado menor cantidad de formantes. Una vez seleccionadas las cuatro bandas críticas más representativas de cada voz se procedió al calcular al valor medio de sus frecuencias, de sus intensidades y de sus anchos de banda para que la aproximación pudiera desembocar en la configuración de cuatro formantes teóricos, representativos del espectro de cada voz analizada.

En la página siguiente se presenta una tabla con los resultados de calcular las medias de los tres parámetros de cada formante. Es decir, de transformar el conjunto de formantes acumulado en cada banda de frecuencia en un solo formante teórico, resultado estadístico todos los demás.

Antes de que el lector pase a la revisión de la tabla hemos de avisarle de que a cada una de las bandas críticas de frecuencia le hemos asignado un número para poder manejarlas con mayor comodidad. La numeración es la siguiente:

0: 0 a 45 Hz

- 1: 45 a 90 Hz
- 2: 90 a 180 Hz
- 3: 180 a 280 Hz
- 4: 280 a 355 Hz
- 5: 355 a 450 Hz
- 6: 450 a 560 Hz
- 7: 560 a 710 Hz
- 8: 710 a 900 Hz
- 9: 900 a 1120 Hz
- 10: 1120 a 1400 Hz
- 11: 1400 a 1800 Hz
- 12: 1800 a 2240 Hz
- 13: 2240 a 2800 Hz
- 14: 2800 a 3550 Hz
- 15: 3550 a 4500 Hz
- 16: 4500 a 5600 Hz
- 17: 5600 a 7100 Hz
- 18: 7100 a 9000 Hz
- 19: 9000 a 11200 Hz

FRECUENCIA INTENSIDAD Y ANCHO DE BANDA MEDIOS  
DE LAS BANDAS CRITICAS SELECCIONADAS

	FR. (Mc)	DES. ST	IN. (Db)	DES. ST	ANCHO	DES. ST
VERSION-12						
banda 14:	7260,9	190	42,2	7	525	267
banda 15:	3897,8	309	41,3	10	375	210
banda 16:	5273,1	261	40,6	5	376	143
banda 17:	6337	380	38,7	5	769	386
VERSION-22						
banda 14:	3288,6	224	52,7	9	556	258
banda 16:	5033,3	282	45,4	6	549	236
banda 17:	6280,1	390	42,8	7	673	297
banda 19:	9523	249	39,1	4	582	294
VERSION-14						
banda 15:	3250	249	51,1	9	424	179
banda 17:	6375	506	40,3	6	464	225
banda 18:	7778,5	492	41,5	4	532	330
banda 19:	9365,6	242	43,9	7	662	260
VERSION-24						
banda 16:	5135,6	384	51,6	7	714	330
banda 17:	6442,3	446	49,3	6	647	304
banda 18:	7886,2	541	48,1	5	851	414
banda 19:	9458,3	252	49,7	8	755	338
VERSION-13						
banda 14:	2981,7	174	49,9	9		
banda 15:	3958,3	450	48	13		
banda 17:	6302,4	444	50	7		
banda 18:	7788,2	616	43,7	6		
VERSION-23						
banda 14:	2985,4	145	52,1	5	598	177
banda 15:	4263,4	171	45,4	6	551	234
banda 17:	6484	450	40,5	7	812	314
banda 18:	7907,7	575	37,5	5	866	441
VERSION-15						
banda 16:	4940	370	54,2	8		
banda 17:	6302,4	444	50,1	7		
banda 18:	7784,2	616	43,7	6		
banda 19:	9504,1	219	44,3	6		
VERSION-25						
banda 14:	3032,3	157	46	9	450	374
banda 16:	4922,7	228	51,4	8	600	502
banda 17:	6510,3	478	46,2	7	871	505
banda 18:	9545,2	224	41,1	4	685	239

Esta última tabla está ordenada colocando en las filas los datos correspondientes a cada banda de frecuencia y en las columnas los que corresponden a cada uno de los parámetros calculados, a saber: frecuencia en Hz, intensidad en Db y sus desviaciones estandar respectivas. Como el lector habrá observado, los datos están agrupados en sendos bloques correspondientes a las versiones sonoras estudiadas.

El lector habrá notado también que faltan los datos sobre el ancho de banda para las versiones 13 y 15. Para explicar esta ausencia tendremos que pedirle al lector una nueva revisión de la tabla anterior, esta vez haciendo una observación global las desviaciones estandar.

Es evidente que la dispersión del ancho de banda es muchísimo mayor que las de la frecuencia o la intensidad. Obsérvese, por ejemplo, que cuantitativamente la desviación estandar del ancho de banda es muy similar a la de la frecuencia, pero mientras esta última está calculada sobre valores que están entre 3.000 y 9.000, el ancho de banda oscila solo entre 300 y 900. Esta observación nos decidió a ponernos definitivamente de acuerdo con las afirmaciones de Josep Martí (1984) sobre la dificultad de extraer información válida de los anchos de banda, y a no incluir los anchos como parámetros del estudio.

Pero volvamos a la explicación sobre la incompletitud de la tabla. Naturalmente, nos apercibimos del

fuerte grado de dispersión de la anchura de banda mientras íbamos realizando los análisis acústicos, y a partir de la revisión de un cierto número de medidas decidimos abandonar el estudio de este parámetro. Esta es, pues la razón por la que la tabla no está completa. En cualquier caso, consideramos que era interesante exponer en nuestra investigación los resultados obtenidos sobre los anchos que ya habíamos estudiado.

Finalmente, una vez realizada la simplificación de los datos de los formantes altos, estábamos ya en condiciones de reconstruir para cada voz una aproximación espectral estadísticamente representativa, basada en siete parámetros teóricos (frecuencia fundamental y seis formantes). Es decir, disponíamos de todos los datos necesarios para elaborar una representación gráfica del espectro medio de cada voz.

## **7.2. CONSTRUCCION DE REPRESENTACIONES GRAFICAS DEL ESPECTRO MEDIO SIMPLIFICADO.**

La representación gráfica del espectro medio simplificado de cada voz se elaboró trabajando sobre ejes de coordenadas. En el eje de la "X" se trazó una escala de frecuencias en Hercios de 0 a 10.000, y en el eje de las "Y" otra de intensidades en Decibelios de 0 a 100. En el

espacio bidimensional definido por estos dos ejes podíamos reconstruir una representación visual del espectro medio de cada voz.

### 7.2.1. Representación de la frecuencia fundamental y los formantes altos.

Para desarrollar la representación gráfica seguimos el siguiente método: situamos en el espacio bidimensional que habíamos construido los dos datos de cada formante teórico como un punto definido por dos parámetros (frecuencia e intensidad). Este punto, obviamente, indicaba la ubicación del extremo superior un formante. Es decir, cada pareja de datos sobre frecuencia e intensidad, obtenidos calculando medias aritméticas, define una barra ubicada en el punto que indica la frecuencia en el eje de abscisas y que asciende perpendicular a este eje hasta alcanzar la altura que marca su intensidad en el eje de ordenadas.

Siguiendo este método podíamos configurar gráficamente la frecuencia fundamental y los cuatro formantes altos, puesto que estos datos dependen solo del timbre individual del hablante y no están influidos por el tipo de sonido vocálico construido en cada momento; no obstante, la representación de la distancia ( $F_2-F_1$ ), y la del primer y el segundo formantes ( $F_1$  y  $F_2$ ) planteaba un problema distinto,

puesto que su dependencia del timbre lingüístico suponía la necesidad de multiplicar por cuatro ("a", "e", "i", "o") el número de parámetros dibujados en la misma zona del espectro.

### 7.2.2. Representación de los dos primeros formantes y de la distancia entre ellos.

Decidimos representar gráficamente la distancia  $(F_2-F_1)$  de cada sonido vocálico como un segmento de longitud igual al valor de la resta de frecuencias, dibujándolo horizontalmente y situando su extremo izquierdo a la altura del eje de las "X" donde debería ubicarse su primer formante  $(F_1)$ ; o, dicho de forma más exacta, buscando en primer lugar la frecuencia media del primer formante para cada sonido vocálico, y dibujando a partir de este punto un segmento horizontal de longitud igual a la media correspondiente de valores  $(F_2-F_1)$ . Ese método de representación nos permitiría visualizar simultáneamente en cada voz las  $(F_2-F_1)$  de los cuatro fonemas estudiados y, a la vez, nos facilitaría la comparación de estos parámetros entre unas voces y otras. Sobre cada uno de los segmentos  $(F_2-F_1)$  se decidió anotar su valor, para poder contrastarlo en los casos en que las diferencias entre segmentos de distintas voces no fuesen claramente perceptibles con la simple comparación visual.

Para definir con claridad la zona del espectro medio simplificado en la que van cambiando de posición los dos primeros formantes (F1 y F2) al construir los distintos sonidos vocálicos se rayó el espacio comprendido entre los extremos de oscilación de la distancia (F2-F1). La parte superior de esta área rayada debía estar definida por las distintas alturas medias de F1 y F2. Para hallar ese contorno de la parte superior se calcularon la frecuencia, y la intensidad medias de F1 y de F2 de todas las vocales en conjunto. De este modo obteníamos dos puntos que al enlazarlos sobre el gráfico con la frecuencia fundamental y con el tercer formante, definían la parte superior del área media de oscilación de los formantes del timbre vocálico. Estos dos puntos están indicados en los gráficos como IM(F1) e IM(F2) siendo

IM(F1): intensidad media del primer formante

IM(F2): intensidad media del segundo formante

Obviamente, la superficie de este área y las pendientes entre los formantes podían ser indicadores válidos de cambios significativos en los parámetros acústicos que influyen en la percepción auditiva de una voz.

### 7.2.3. Anotaciones complementarias.

La parte superior de todos los formantes del gráfico se enlazó con una línea discontinua con la finalidad de que quedaran claramente reflejadas también las pendientes entre todos los formantes, o lo que es lo mismo, para poder ver con claridad en cualquier punto del gráfico si la energía acústica disminuía o aumentaba y en que grado.

Finalmente, se decidió añadir en la parte inferior del gráfico de cada voz una anotación indicando el valor exacto de la frecuencia fundamental media (F0) y los valores entre los que oscilaba ésta en el corpus. La razón de anotar el valor de (F0) es la escasa resolución que presentan los gráficos para esta zona del espectro respecto a la importancia que tiene para la percepción auditiva de una voz un salto, por ejemplo, de 25 Hz, salto que no es perceptible visualmente en nuestros gráficos. Esta misma razón es la que nos llevó a escribir los valores de oscilación en lugar de transportarlos al gráfico.

El lector tiene a su disposición en las ocho páginas siguientes las representaciones gráficas del espectro medio simplificado de cada una de las ocho voces que constituyen el corpus estudiado acústicamente. En la parte superior de cada gráfico se indica la versión del texto portador a partir de la cual ha sido construido.