

**CAMPOS DE DISPERSIÓN AUDITIVOS DE LAS
VOCALES DEL CASTELLANO.
PERCEPCIÓN DE LAS VOCALES.**

JOAQUÍN ROMERO

I. INTRODUCCIÓN

El presente experimento fue en un principio planteado como parte del trabajo de investigación en síntesis del lenguaje y como complemento a él. No obstante, dadas sus características, si bien puede ser de ayuda orientativa y/o corroborativa en los trabajos de síntesis, puede entenderse también de manera aislada como experimento en fonética auditiva del castellano.

Se pretendían estudiar los campos de dispersión auditivos de las vocales del castellano, utilizando para ello las vocales cardinales del Alfabeto Fonético Internacional, para poder llegar a la determinación de estos campos en términos de frecuencias de los dos primeros formantes. A manera de comparación se incluye también un cuadro con datos sobre el mismo experimento con las vocales del catalán.

II. MÉTODO

Se seleccionaron para el experimento las vocales cardinales primarias y las secundarias, tal como aparecen reproducidas en la grabación de los sonidos del Alfabeto Fonético Internacional de A.C. Gimson. Además de estos quince sonidos se incluyeron también, de la misma grabación, tres vocales del inglés con características más centralizadas: [ɪ], [ʊ] y [æ]. Se intentaba así cubrir un mayor marco de variedades, sin llegar a incluir las vocales centrales puras o las nasalizadas, por considerarse poco relevantes en el sistema fonético-fonológico del español; por otra parte, un excesivo número y variedad de sonidos podrían causar confusión en el oyente.

De esta manera, un total de dieciocho sonidos vocálicos fueron ordenados en combinación aleatoria en una grabación, apareciendo cada uno de ellos dos veces. Así dispuestos los treinta y seis sonidos, fueron presentados a treinta y dos oyentes de lengua castellana concretamente estudiantes de Filosofía de la Universidad Complutense de Madrid, habiendo desechado como informantes a estudiantes de Filología de la Universidad de Barcelona por creer que su mayor conocimiento de las estructuras fonéticas, así como su mayor espectro perceptivo debido al bilingüismo, podían influir en la percepción.

El test se presentaba de forma que el oyente tenía que identificar los sonidos que iba escuchando con una de las cinco vocales del castellano. En un principio se pensó en una sexta opción, de manera que los oyentes, en caso de no ser capaces de identificar el sonido con ninguna de las otras cinco opciones, pudiese indicar qué sonido oía. No obstante, se comprobó, tras intentar un test con un grupo más reducido de oyentes, que éstos perdían concentración en la identificación, sin ser capaces de dar tampoco una opción alternativa clara. Por ello se decidió eliminar la sexta opción y forzar a los oyentes a identificar los sonidos con una de las cinco vocales.

La grabación se reprodujo una sola vez en una aula de dimensiones medianas, utilizando un cassette SANYO M2402-4F.

Para el test del catalán se utilizaron, esta vez sí, treinta y dos alumnos del primer curso de filología de la Universidad Central de Barcelona, exigiendo para ello un conocimiento mínimo de las diferencias fonéticas entre vocales abiertas y cerradas del catalán. De la misma manera que en castellano, los oyentes catalanes, debían identificar los mismos sonidos, con la misma distribución, con una de las ocho vocales del catalán. El test se llevó a cabo en una aula grande y la grabación fue reproducida una sola vez y con un cassette PHILIPS N2213.

En ambos tests los sonidos eran reproducidos con un intervalo de unos cinco segundos aproximadamente entre ellos.

III. RESULTADOS

Porcentajes de identificación

Los datos obtenidos en el test se interpretan en porcentajes. Primero se hallaron los porcentajes de identificación en cada una de las dos realizaciones de los sonidos y más tarde se sumaron los datos para dar un resultado general. Así, los valores que aparecen en el cuadro de porcentajes

generales (FIG. 1) están calculados sobre un total de sesenta y cuatro datos, dos por cada informante. El cuadro muestra, en el eje de las abscisas, las vocales cardinales más las tres vocales inglesas y, en las ordenadas, las cinco vocales del castellano. No se ha descartado ningún dato por pequeño que fuese, porque creemos que pueden tener interés desde el punto de vista perceptivo y, además, pueden resultar muy interesantes a la hora de hacer un hipotético estudio sobre la importancia de la individualidad o personalización de la audición. No obstante, se asume el hecho de que algunas de las irregularidades pueden haber sido causadas por condicionamientos externos a la hora de realizar la audición.

Los porcentajes han sido además distribuidos en gráficas que ilustran mejor la dispersión en la audición. La gráfica de la izquierda (FIGS. 2 a 19) muestra el trapecio vocálico donde figura en línea de puntos el triángulo de las vocales castellanas. Las flechas indican las diferentes identificaciones de los sonidos, partiendo del sonido a escuchar y llegando al sonido con el que éste se asocia. El grosor de las flechas pretende ilustrar, de manera aproximada, la relación de porcentajes del cuadro anterior (FIG. 1), equivaliendo un milímetro en el grosor de la flecha a un diez por ciento en el cuadro (para menos de un diez por ciento se utiliza un trazo simple). Los diagramas de la derecha (FIGS. 2 a 19) muestran también los porcentajes de cada sonido.

Delimitación de las frecuencias. Campos de dispersión

A partir de los resultados anteriormente expuestos se intentó delimitar los campos de dispersión de las vocales castellanas en términos de las frecuencias de los dos primeros formantes. Algunos de los valores obtenidos en el test eran, no obstante, en cierto modo sorprendentes. Existen dos zonas en el trapecio vocálico donde se aprecia un grado más elevado de confusión en la identificación. Por una parte las vocales cerradas anteriores [i] y [y] presentan un alto porcentaje de identificación con la vocal castellana cerrada posterior [u]. Esto llamaba la atención por el hecho de que, precisamente por el hecho de tratarse de posiciones extremas, se esperaba que el porcentaje de identificación fuera el más alto. Frente a esto, los porcentajes más altos de identificación con [i] corresponden a las vocales cardinales anteriores semi-cerradas, tanto primaria como secundaria, [e] y [ø]. Por otra parte también resulta conflictiva la zona de las vocales semi-abiertas, primarias y secundarias y tanto anteriores como posteriores: [ɛ], [ɔ] [ʌ] y en menor medida [œ]. Como puede verse en las gráficas la identificación de las dos primeras se dispersa en un alto porcentaje entre [e] y [ø] del castellano. La tercera muestra un cuadro de dispersión aún mayor, entre [e], [ø] y [ä] en porcentajes muy similares (FIG. 14).

Los resultados con las vocales semi-centralizadas del inglés corroboran de alguna manera las irregularidades anteriores. La vocal [I] sigue la

tendencia de las vocales anteriores cerradas [i] y [y], presentando también un alto porcentaje de identificación con [u]. La vocal [æ], por otra parte, se identifica en más de un ochenta por ciento con [e]. [U], por último, con la identificación repartida en términos muy semejantes entre [o] y [u], sigue también la tendencia de confusión entre los niveles medios del trapecio.

La hipótesis, a partir de estos resultados, era que los límites en las frecuencias de los dos primeros formantes -especialmente el segundo- en audición, eran mucho más amplios de los establecidos en fonética acústica para las vocales del castellano, es decir, que los campos de dispersión en la percepción de las frecuencias ocupaban una zona mucho más ancha de la que ocupan las estrictas concentraciones mayores de armónicos. De esta manera un oyente castellano podía oír una [o] con un segundo formante a 2000 Hz. por ejemplo.

El siguiente paso fue trazar las cartas de formantes de los sonidos que habían sido utilizados en el test y compararlos con la de las vocales castellanas, para ver si se confirmaba la hipótesis o si, por el contrario, las irregularidades se debían simplemente a la imposibilidad por parte de la persona que había realizado la grabación, de imitar los sonidos adecuadamente. Los sonidos fueron analizados con un sonógrafo digital de Kay Elemetrics; se hicieron sonogramas de 8000 y 4000 Hz. así como secciones de los mismos. Los resultados en frecuencia de los dos primeros formantes (FIGS. 25, 26 y 27) se utilizaron para trazar las cartas de formantes de las vocales cardinales primarias, secundarias y del inglés por separado (FIGS. 20, 21 y 22) y para la comparación con el castellano se utilizó la carta de formantes vocálicos del castellano que aparece en la página 295 de "Fonética" de E. Martínez Celdrán, (FIGS. 23 y 24).

Tras el análisis de las cartas de formantes comparadas (FIG. 24) el único dato que no confirmaba la hipótesis era el de la [y]. Como se ve, esta vocal presenta un segundo formante más bajo de lo normal, debido probablemente a un problema de precisión en la reproducción del sonido. El resto de los datos parecían confirmar la hipótesis.

Como paso final se hizo un estudio comparativo entre los datos del test y lo que se observaba en la carta de formantes comparada. Se trataba de establecer una relación entre ambos, obteniendo como resultado la delimitación de los campos de dispersión de las frecuencias de los dos primeros formantes.

Como se puede observar en las gráficas (FIGS. 28 y 30) los campos de dispersión se delimitan a dos niveles: por una parte, tomando como mínimo de fiabilidad un diez por ciento de identificación en el test (3,2 oyentes) se consiguen unos límites inferiores y superiores de los formantes que van, en el primer formante, de los 200 Hz. para el límite inferior de [i] y [u] hasta los 1000 Hz. para el límite superior de [ä]. En el segundo formante los límites están mucho más alejados entre sí, desde los 600 Hz. para el límite inferior

de [u] hasta los 2500 Hz. para el límite superior de [i], [e] y, más sorprendentemente, también de [u]. A estas zonas se les ha llamado "zonas anchas" de dispersión.

Por otra parte, exigiendo un mínimo de un 80% de identificación en la audición, se delimita lo que se llama "zona estrecha" de percepción y que coincide más precisamente con los datos acústicos. La zona estrecha oscila, en el F1 entre los 210 Hz. y los 330 Hz. como límite inferior en [u] y 915 Hz. como límite superior de [ä]. En el F2 se establecen 625 Hz. a 660 Hz. para el límite inferior en [u] y 2400 Hz. para el límite superior en [i]. Las figuras 29 y 31 muestran las zonas anchas y estrechas de F1 y F2. La figura 32 muestra las zonas anchas de los dos formantes comparadas, donde se observa claramente que los límites de los campos de dispersión, de manera especialmente patente en el F2; ocupan una zona mucho más amplia de la que suelen mostrar los análisis espectrográficos.

IV. CONCLUSIÓN

Se confirma la hipótesis de que los límites en las frecuencias a la hora de percibir el sonido, son mucho más amplios que a la hora de producirlo. Es decir, que el oído admite una gama mucho más variada de frecuencias y que exige menor precisión en estas frecuencias a la hora de identificar un sonido fonológicamente pertinente, de lo que se admite al realizarlo.

En el caso de las vocales castellanas, hemos de admitir una zona amplia de influencias auditivas de dichas vocales que, en muchos casos, no coincide con lo generalmente supuesto. Aquí debemos tomar en consideración, no obstante, que se observan variaciones, en algunos casos relevantes, de carácter individual; es decir, que los campos de dispersión varían según los individuos, aunque queda patente que ha de existir alguna estructura auditiva subyacente que marca unos límites a estas pequeñas variaciones.

| | i | e | a | o | u |
|---|------|------|------|------|------|
| i | 65,6 | 12,5 | | | 21,8 |
| e | 85,9 | 3,1 | | 1,5 | 9,3 |
| ɛ | | 57,8 | 7,8 | 34,3 | |
| a | | | 100 | | |
| ɑ | | | | 100 | |
| ɔ | | 32,8 | | 65,6 | 1,5 |
| o | 6,2 | | | | 93,7 |
| u | 1,5 | | 3,1 | 1,5 | 93,7 |
| y | 57,8 | | | 3,1 | 39 |
| ø | 89 | 3,1 | | | 7,8 |
| œ | | 84,3 | 3,1 | 12,5 | |
| D | | 4,6 | 95,3 | | |
| Λ | | 31,2 | 31,2 | 37,5 | |
| ʏ | 1,5 | 6,2 | | 14 | 78,1 |
| ʊ | | | | 1,5 | 98,4 |
| I | 48,4 | 9,3 | | 1,5 | 40,4 |
| U | 3,1 | 9,3 | | 39 | 48,4 |
| æ | | 82,8 | 15,6 | 1,5 | |

FIG.1 Cuadro de porcentajes generales obtenidos en el test.

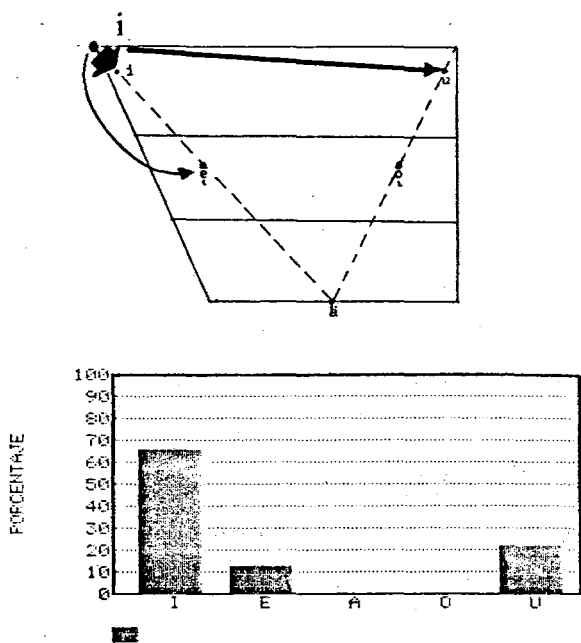


FIG. 2 Gráfica de dispersión y barras de porcentajes de [i]

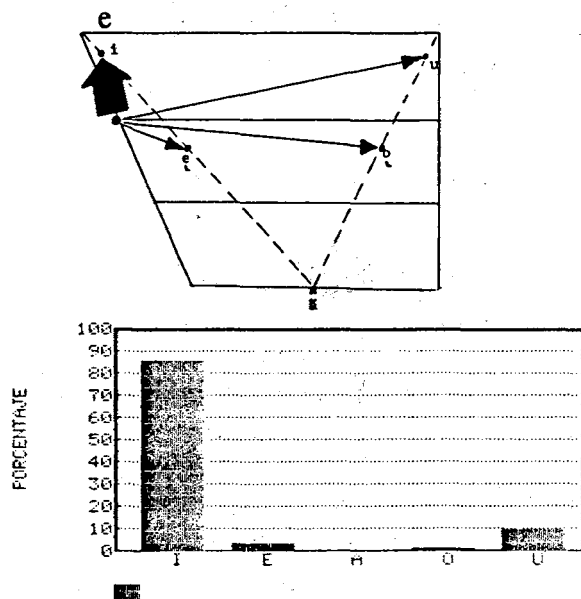


FIG. 3 Gráfica de dispersión y barras de porcentajes de [e].

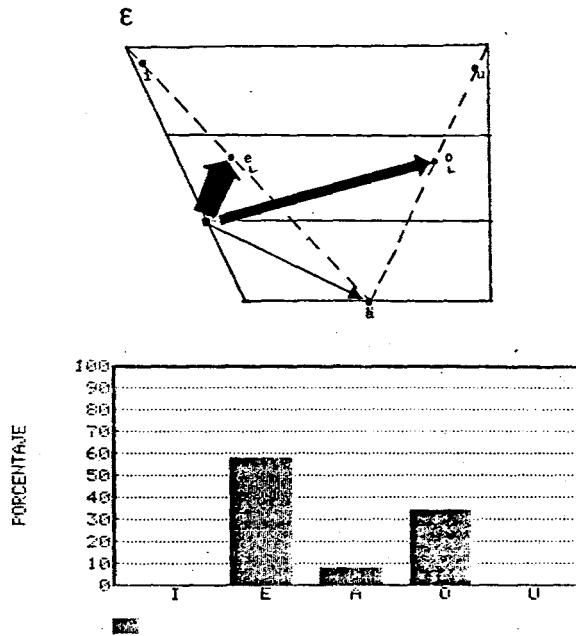


FIG. 4 Gráfica de dispersión y barras de porcentajes de [ɛ]

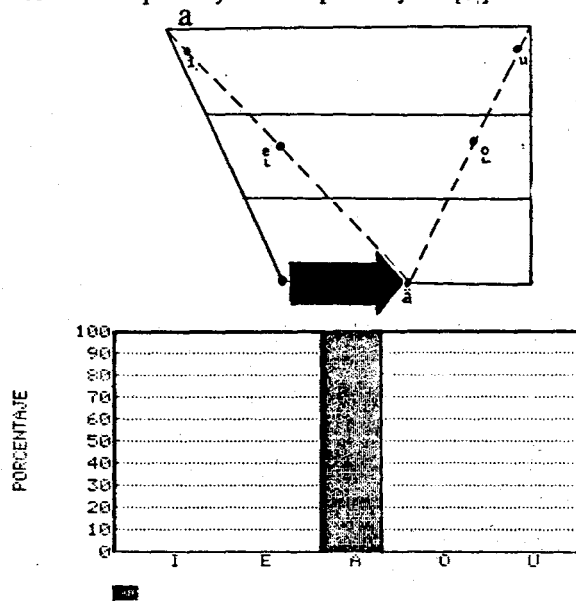


FIG. 5 Gráfica de dispersión y barras de porcentajes de [a]

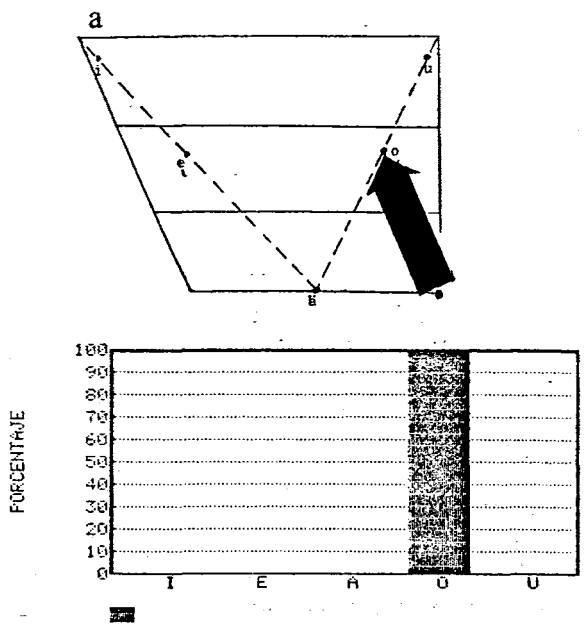


FIG. 6 Gráfica de dispersión y barras de porcentajes de [a]

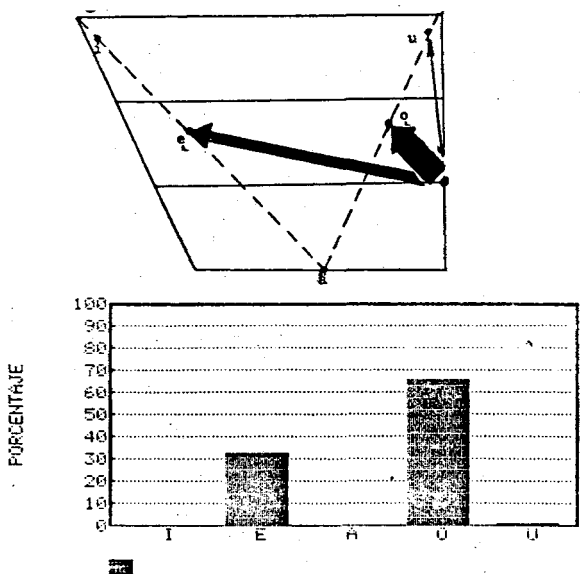


FIG. 7 Gráfica de dispersión y barras de porcentajes de [c]

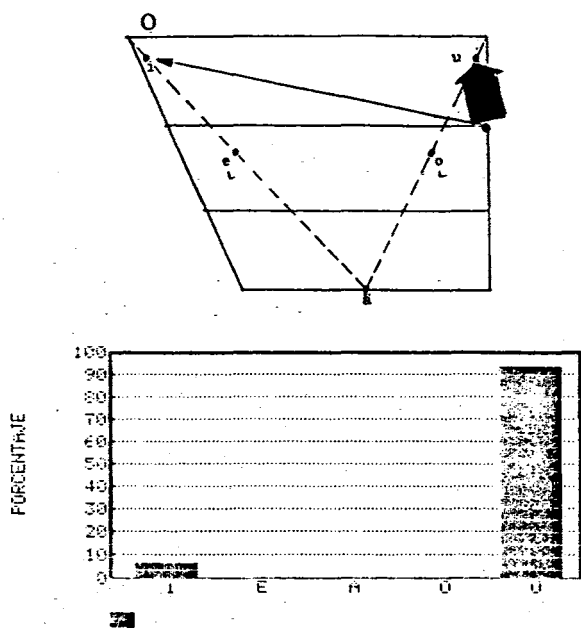


FIG. 8 Gráfica de dispersión y barras de porcentajes de [o]

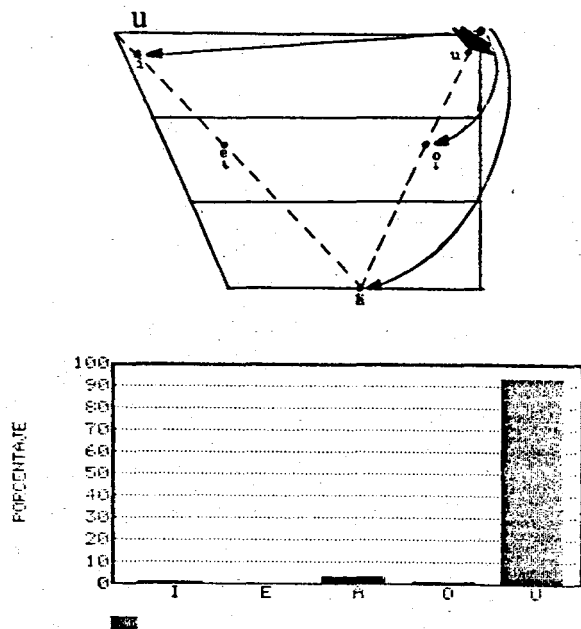


FIG. 9 Gráfica de dispersión y barras de porcentaje de [u]

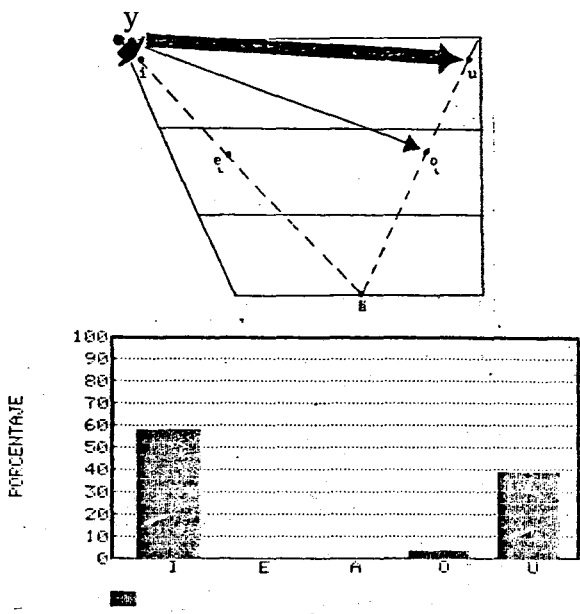


FIG. 10 Gráfica de dispersión y barras de porcentajes de $[y]$

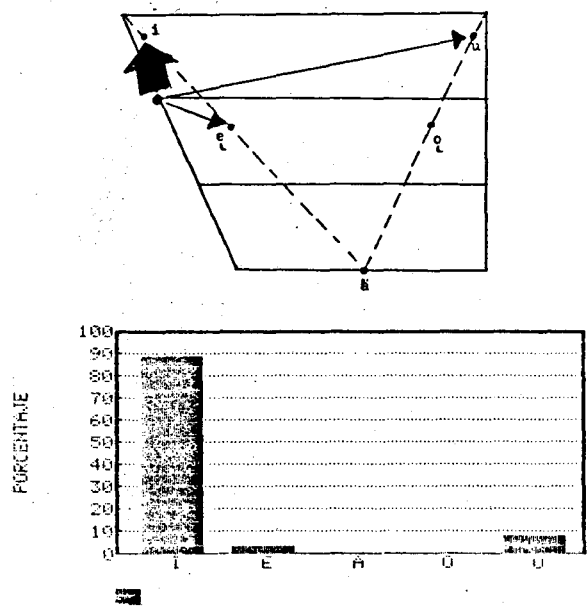


FIG. 11 Gráfica de dispersión y barras de porcentajes de $[\sigma]$

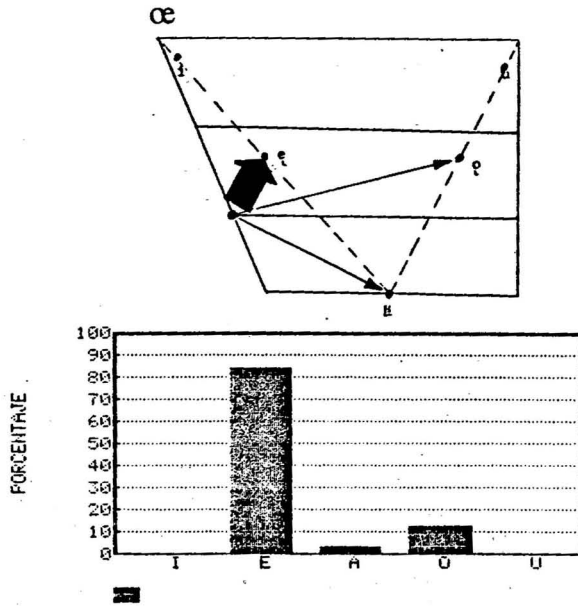


FIG. 12 Gráfica de dispersión y barras de porcentajes de [œ]

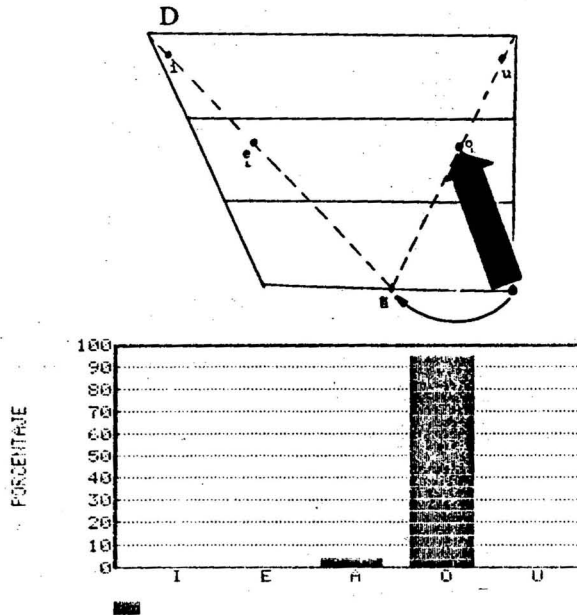


FIG. 13 Gráfica de dispersión y barras de porcentajes de [D]

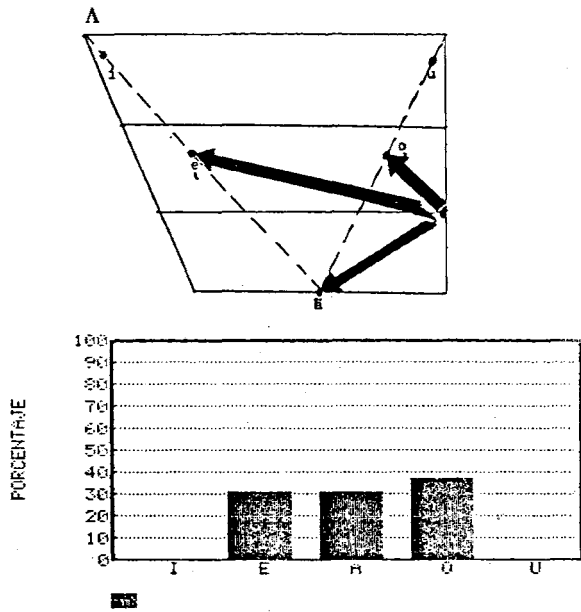


FIG. 14 Gráfica de dispersión y barras de porcentajes de [A].

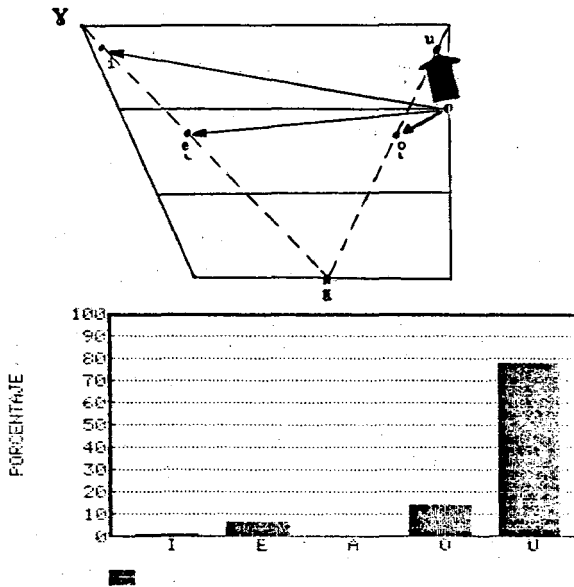


FIG. 15 Gráfica de dispersión y barras de porcentajes de [Y].

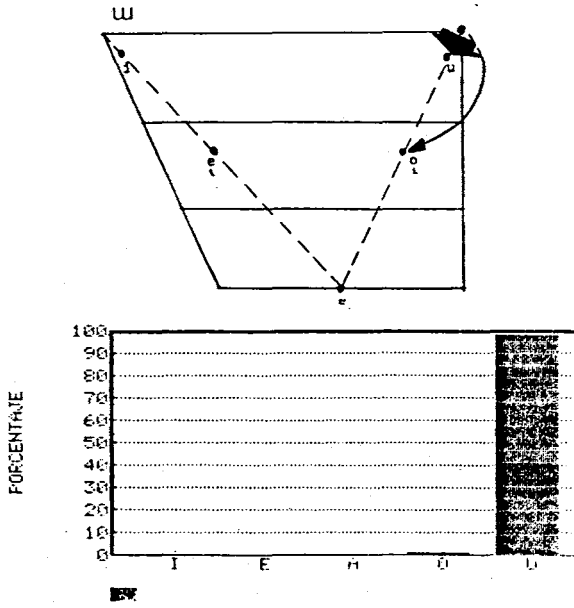


FIG. 16 Gráfica de dispersión y barras de porcentajes de [w]

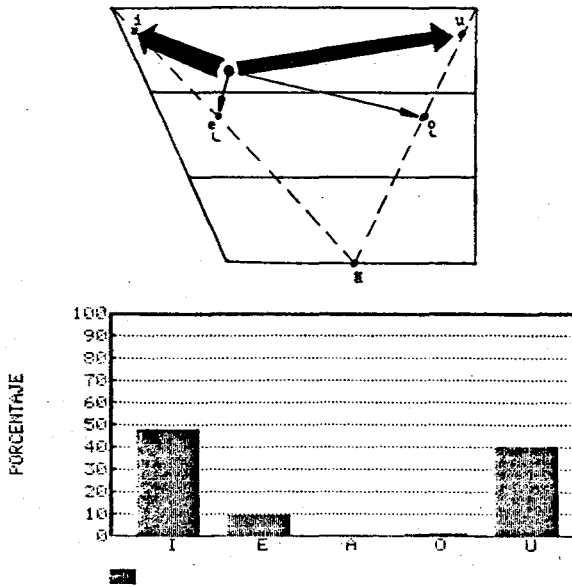


FIG. 17 Gráfica de dispersión y barras de porcentajes de [I]

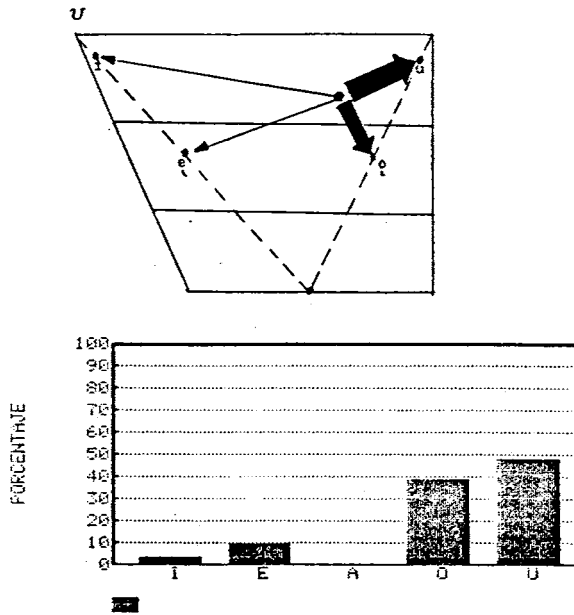


FIG. 18 Gráfica de dispersión y barras de porcentajes [ʊ]

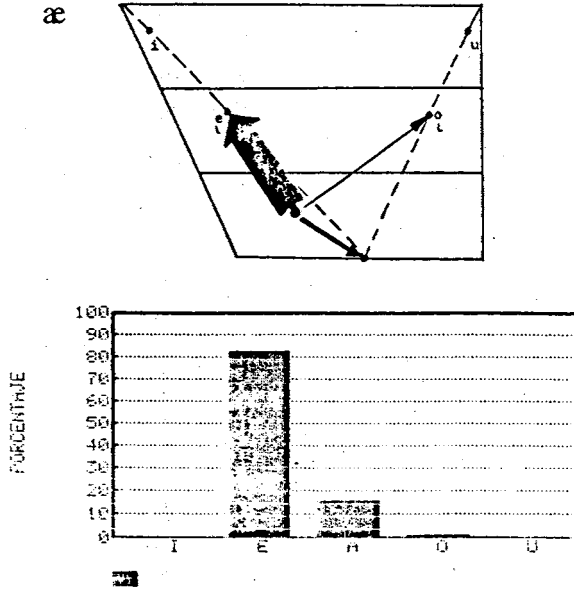


FIG. 19 Gráfica de dispersión y barras de porcentajes de [æ]

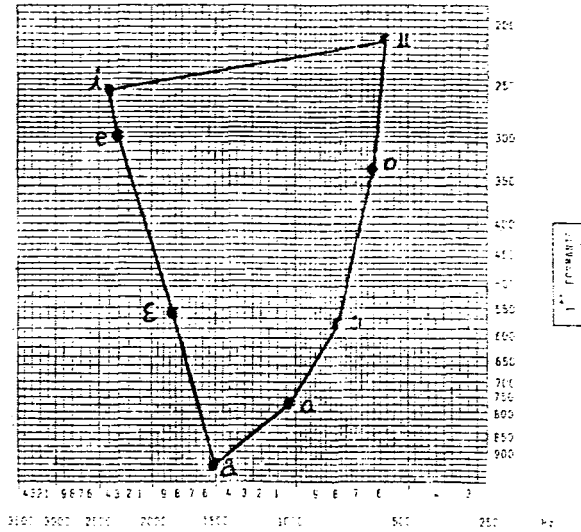


FIG. 20 Carta de formantes de las vocales cardinales primarias.

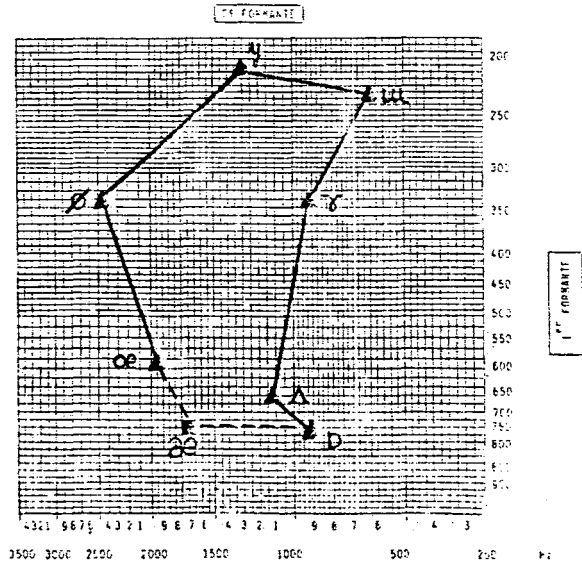


FIG. 21 Carta de formantes de las vocales cardinales secundarias.

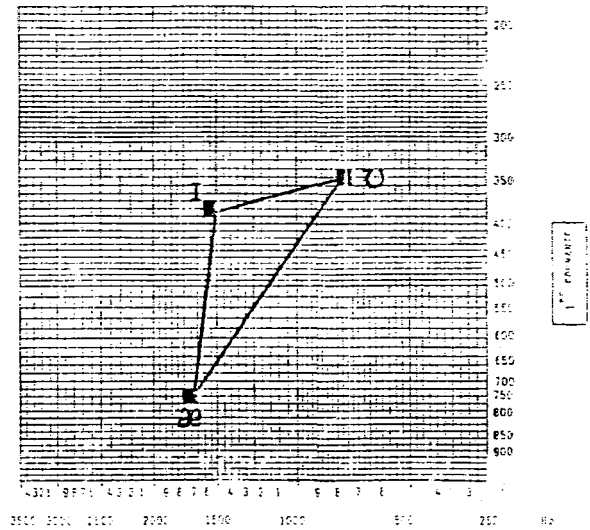


FIG. 22 Carta de formantes de las vocales inglesas [I], [U], [æ]

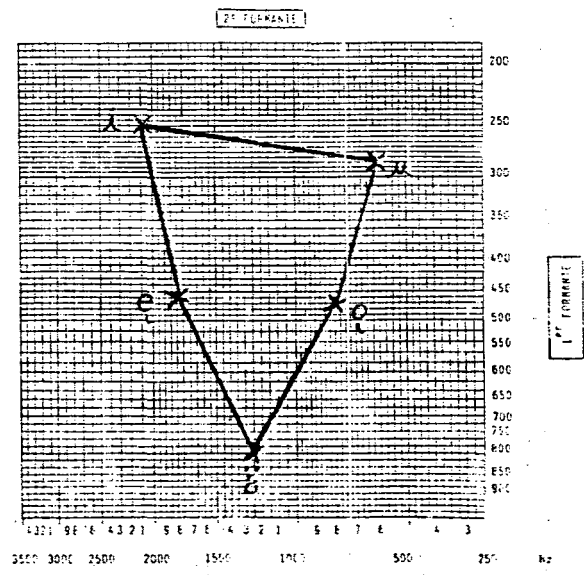


FIG. 23 Carta de formantes vocales del castellano (según M. Celdrán)

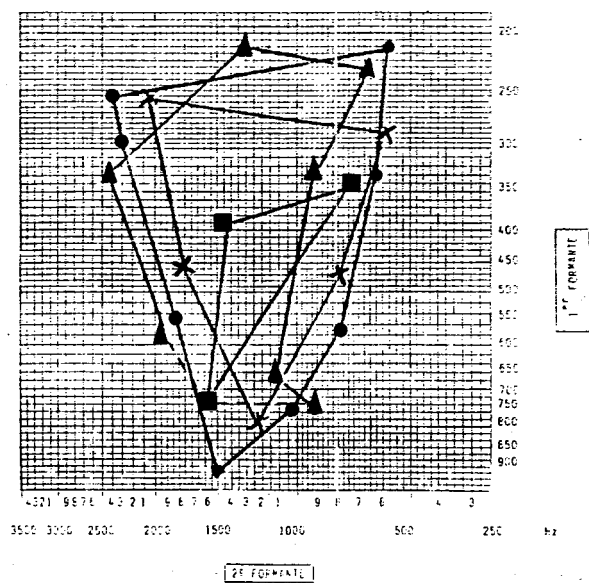


FIG. 24 Carta de formantes comparados

- cardinales primarias
- ▲ cardinales secundarias
- inglés
- × castellano

| | i | e | ε | a | ɑ | ɔ | o | u |
|----|------|------|------|------|------|-----|-----|-----|
| F1 | 250 | 290 | 560 | 916 | 750 | 580 | 330 | 210 |
| F2 | 2400 | 2300 | 1830 | 1500 | 1040 | 830 | 660 | 624 |

FIG. 25 Frecuencias del primer y segundo formante de las vocales cardinales primarias usadas en el test

| | y | ø | œ | ɒ | ʌ | ɤ | ɯ |
|----|------|------|------|-----|------|-----|-----|
| F1 | 210 | 330 | 580 | 750 | 660 | 330 | 233 |
| F2 | 1300 | 2415 | 1910 | 958 | 1115 | 950 | 665 |

FIG. 26 Frecuencias del primer y segundo formante de las vocales cardinales secundarias usadas en el test.

| | | | |
|----|------|-----|------|
| | I | ʊ | æ |
| F1 | 390 | 349 | 750 |
| F2 | 1415 | 780 | 1600 |

FIG. 27 Frecuencias del primer y segundo formante de las vocales del inglés usadas en el test.

| | | | | | |
|-----------------|---------|---------|------|-----|---------|
| F1 | i | e | a | o | u |
| límite inferior | 200 | 400 | 800 | 325 | 200 |
| límite superior | 450 | 800 | 1000 | 800 | 400 |
| zona 80% | 290/330 | 580/750 | 915 | 750 | 210/330 |

FIG. 28 Campos de dispersión del primer formante

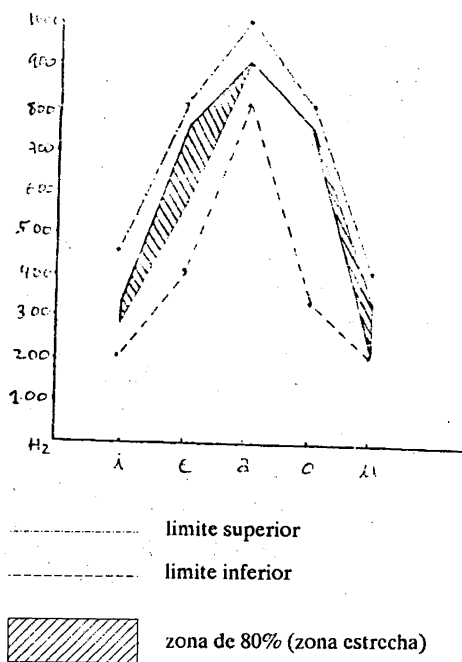


FIG. 29 Gráfica del campo de dispersión del primer formante.

| F2 | i | e | a | o | u |
|-----------------|-----------|-----------|------|----------|---------|
| límite inferior | 1300 | 800 | 1000 | 700 | 600 |
| límite superior | 2500 | 2500 | 1800 | 2000 | 250 |
| zona 80% | 2300/2400 | 1600/1900 | 1500 | 950/1050 | 625/660 |

FIG. 30 Campos de dispersión del segundo formante

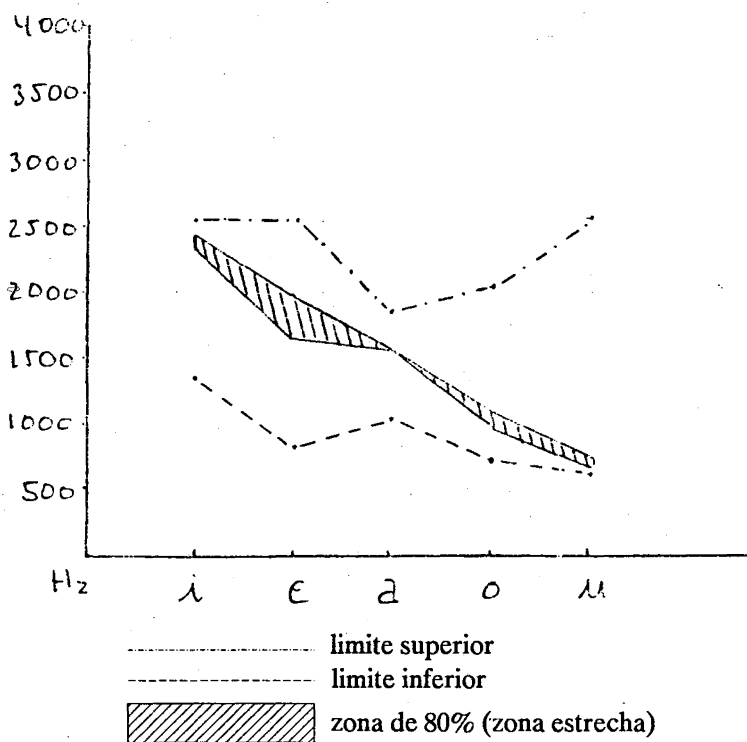


FIG. 31 Gráfica del campo de dispersión del segundo formante

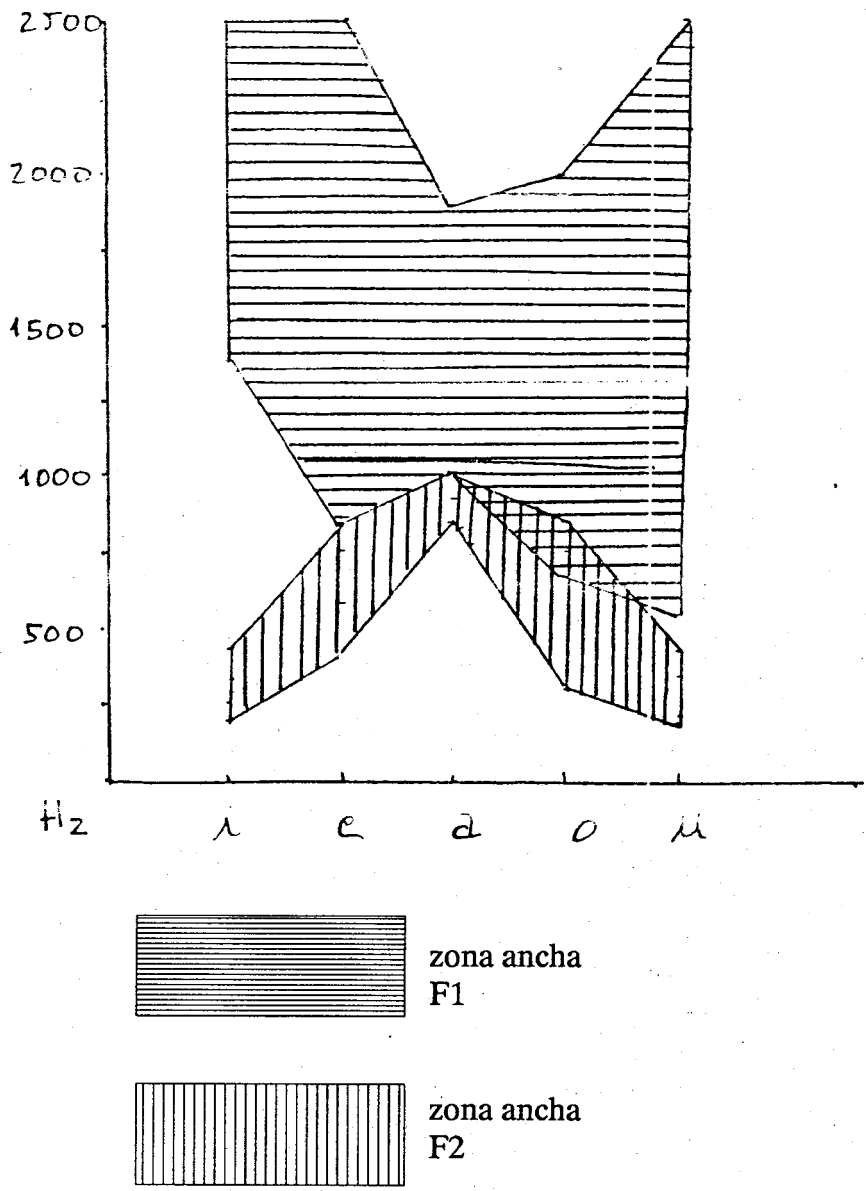


FIG. 32. Gráfica comparativa de los campos de dispersión en F1 y F2 (zonas anchas).

i e ε a ɔ o u ə

| | | | | | | | | |
|----|------|------|------|------|------|------|------|------|
| i* | 65 | 4,7 | 4,7 | | 1,5 | 1,5 | 17,4 | 4,7 |
| e | 65,6 | 21,8 | 6,2 | | | | | 6,2 |
| ε | | 6,2 | 96,1 | | | | | 1,5 |
| a | | | | 98,4 | | | | 1,5 |
| ɑ | | | | | 81,2 | 18,7 | | |
| ɔ | | | 3,1 | | 21,8 | 70,3 | | 4,6 |
| o | | | | 1,5 | | 7,8 | 87,5 | 3,1 |
| μ | | | 1,5 | 1,5 | 6,2 | 15,6 | 60,9 | 14 |
| y* | 88,8 | 1,5 | | | | 3,1 | 4,7 | 1,5 |
| Ø | 6,2 | 54,8 | 6,2 | | | | | 32,8 |
| œ | | 20,3 | 75 | | | | | 4,6 |
| D | | | | | 81,2 | 17,1 | 1,5 | |
| Λ | | 1,5 | | 3,1 | 35,9 | 4,6 | | 54,6 |
| γ | | 4,6 | | | 6,2 | 7,8 | 70,3 | 10,9 |
| u | 4,6 | | | | | 1,5 | 90,6 | 3,1 |
| I | 1,5 | 82,8 | 9,3 | | | | 3,1 | 3,1 |
| v | | | | | 1,5 | 85,9 | 9,3 | 3,1 |
| æ | | 3,1 | 59,3 | | 1,5 | | | 35,9 |

FIG. 33. Cuadro de los porcentajes generales obtenidos en el test comparativo del catalán.

Los porcentajes de las vocales señaladas con un asterisco están calculados a partir de sesenta y dos datos, en vez de sesenta y cuatro.

BIBLIOGRAFIA

- MARIA-JOSEP SOLÉ SABATER, "La experimentación en fonética y fonología".-*Estudios de Fonética Experimental I*. Promociones Publicaciones Universitarias. Barcelona, 1984.
- E. MARTÍNEZ CELDRÁN, *Fonética*. Ed. Teide Barcelona 1984.
- J.D. O'CONNOR, *Phonetics*. Penguin Books, London 1983.
- B. MALMBERG, *La Fonética*. Ed. Universitaria Buenos Aires, Buenos Aires 1981.

