

# DISCRIMINACIÓN AUDITIVA DE LOS RASGOS DISTINTIVOS ACÚSTICOS EN PALABRAS AISLADAS: OÍDOS NORMALES Y PATOLÓGICOS

Victoria Marrero Aguiar

[vmarrero@flog.uned.es](mailto:vmarrero@flog.uned.es)

Yolanda Martín Quilis

[tuli@ctv.es](mailto:tuli@ctv.es)

*Universidad Nacional de Educación a Distancia (UNED)*

## 1. INTRODUCCIÓN

El objetivo de nuestra investigación ha sido analizar el comportamiento de los rasgos distintivos acústicos en una tarea de discriminación auditiva de palabras aisladas, tanto en normooyentes como en personas afectadas por deficiencias auditivas.

Para comprobarlo, hemos utilizado el *Test de Rasgos Distintivos (TRD)*, una prueba de pares mínimos opuestos por un único rasgo distintivo, con los que buscamos controlar los factores de respuesta al estímulo hasta reducirlos a una única variable.

El TRD, que se diseñó en principio para su uso en logaudiometría, nos permite evaluar los resultados en el nivel de palabra (porcentajes de error/acierto y relación con la curva-patrón de normalidad), en el de fonema (mediante el establecimiento además de matrices de confusión), en el de rasgo distintivo, y también en el de frecuencias (porcentajes de error / acierto por bandas de frecuencias); de esta manera nos proporciona una información no sólo cuantitativa, sino también cualitativa (Cárdenas y Marrero, 1994).

## 2. METODOLOGÍA

### 2.1. Material

El *Test de Rasgos Distintivos* se compone de dos listas de 58 *pares mínimos diferenciales*: cada elemento de la pareja se distingue del otro por un solo rasgo distintivo de un solo fonema.

Elaboración de las listas<sup>1</sup>:

---

<sup>1</sup> No se han tenido en cuenta las vocales debido a que su perceptibilidad es mucho mejor que la de las consonantes, con el agravante de tener menos contenido informativo que los fonemas consonánticos. Asimismo, han sido descartados los fonemas líquidos por poseer rasgos vocálicos. Por último, no se ha

- Emparejamiento de fonemas (oposiciones mediante un único rasgo);
- Control de rasgos secundarios, comunes a los dos miembros del par mínimo, que han sido equilibrados en el conjunto de la muestra<sup>2</sup>;
- Control del contexto: palabras bisílabas, precedidas y seguidas de las cinco vocales (si es posible, homorgánicas);
- Control de frecuencia y familiaridad:
  - Palabras incluidas en los repertorios más usuales (Juilland y Chang-Rodríguez; García Hoz, Casanova y Rivero<sup>3</sup>;
  - Alto índice de frecuencia; o al menos, similar para ambos miembros de la pareja;
  - Pertenencia a la misma categoría morfológica (con dos excepciones).

El *Test de Rasgos Distintivos (TRD)* ha sido grabado digitalmente en un CD<sup>4</sup>.

## 2.2. Sujetos

- Grupo normooyente (N): 57 personas cuya audición se comprobó mediante audiometría tonal; para la presentación del material elegimos el mejor oído<sup>5</sup>.
- Grupo de oídos patológicos (P): 23 sujetos afectados de hipoacusias, fundamentalmente neurosensoriales, con caída en agudos (Marrero, Santos y Cárdenas, 1994).

## 2.3. Procedimiento

2.3.1. *Presentación:* se ha realizado mediante la grabación en disco compacto, acompañada de una plantilla de respuesta cerrada, en la que el sujeto debía marcar, sin intervención del evaluador, cuál de los dos miembros de cada par estaba siendo emitido

---

valorado la posición implósiva (sílabas 'vocal-consonante'), por considerarse que la ocurrencia de fonemas en esa posición es reducida en lengua española, cfr. Cárdenas y Marrero, 1994, p. 83.

<sup>2</sup> El cruce de estos dos requisitos originó la siguiente selección:

Sonoridad: [x] – [p]: densas / graves / continuas	Gravedad: [m] – [n]: difusas / nasales / continuas / sn
[t] – [d]: difusas / agudas / interruptas	[p] – [t]: densas / orales / interruptas / sordas
Nasalidad: [ŋ] – [j]: densas / agudas	Continuidad: [s] – [tS]: densas / agudas / estridentes
[m] – [ʃ]: difusas / graves	[f] – [p]: difusas / graves / mates
Densidad: [p] – [k]: graves / interruptas / sordas	Estridencia: [s] – [ʃ] (distribución limitada)
[j] – [a]: agudas / continuas / sonoras	[tʃ] – [dʒ]

<sup>3</sup> García Hoz, V. (1951): *Vocabulario usual, común y fundamental*, Madrid, CSIC.

Juilland, A.; Chang-Rodríguez, E. (1964): *Frequency Dictionary of Spanish Words*, The Hague, Mouton; Casanova, M.A y Rivero, M. (coord) (1989): *Vocabulario Básico de la EGB*. Madrid, MEC-Espasa Calpe

<sup>4</sup> La grabación del máster se realizó en fichero digital de audio AMS (Audio File Plus). Para el control de picos de intensidad en cada palabra, se utilizó el limitador Klark Teknik, mod. DN 500. Cfr. Cárdenas y Marrero, p. 126.

<sup>5</sup> El de curva más plana a 0 dB SPL.

2.3.2. *Recogida de datos*: tuvo lugar en el *Servicio de Audiología de la Unidad de Otorrinolaringología del Hospital Ruber Internacional* de Madrid, dentro de una cabina normalizada para el desarrollo de pruebas audiométricas. El *Test de Rasgos Distintivos* fue probado a 50 dB, por considerarse el nivel de intensidad normal en una conversación

2.3.3. *Análisis acústico de los estímulos*<sup>6</sup>: se obtuvieron los espectros promediados de cada uno de los fonemas diferenciales en un rango de frecuencias de 0 a 8 KHz, y con una resolución temporal de 64 ms.; en todos los casos el análisis se realizó de dos maneras, con transiciones y sin ellas (Marrero; Santos y Cárdenas, 1994).

2.3.3. *Procesamiento de los resultados*: sólo se han tenido en cuenta los errores de los sujetos, descartando los aciertos; ya que, al tratarse de un test de respuesta cerrada, éstos podrían deberse al azar.

### 3. RESULTADOS

#### 3.1. Nivel de palabra

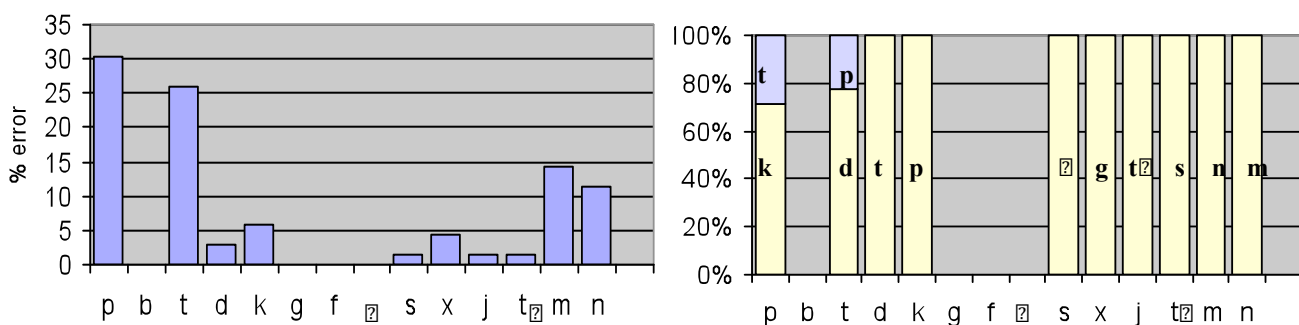
Grupo	% de error / ítem	Media de errores / ítem	Media de errores / sujeto
N	1,04%	0,01	1,2
P	13,56%	0,13	15,7

Como era de esperar, existe una diferencia muy significativa entre ambos grupos.

#### 3.2. Nivel de fonema

##### Grupo de oídos normales (N)

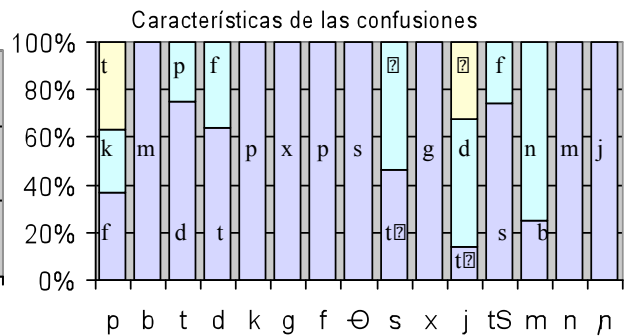
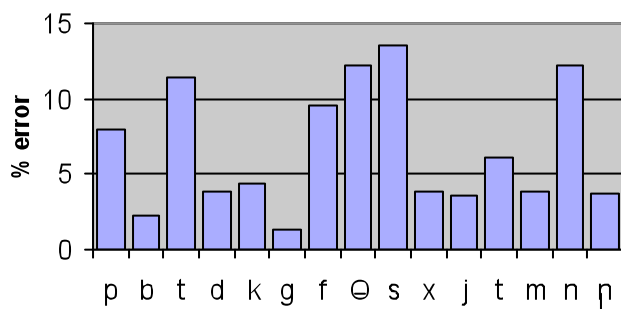
##### Características de las confusiones



En oídos normales, los fonemas afectados son pocos y en porcentaje reducido; destacan las oclusivas sordas /p, t/ (confundidas entre sí, o con sus correlatos denso y agudo respectivamente) y las nasales /m, n/.

<sup>6</sup> Para ello se ha empleado el *Computer Speech Laboratory* de *Kay Elemetrics*.

### Grupo de oídos patológicos (P)



En oídos patológicos, encontramos mayor dispersión y frecuencia de los errores; que siguen un patrón diferente al de los oídos normales; destacan:

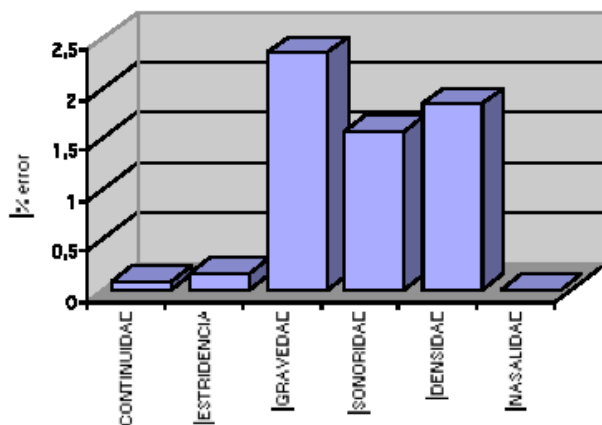
- /s/ y /z/, fricativas de resonancias altas, que se confunden la una con la otra; de hecho, también /f/ presenta un elevado índice de error.
- /n/, la nasal aguda, que se interpreta como grave (/m/);
- y /t/, casi siempre por confusión con su par sonoro /d/ (en algo más del 20% de los errores la confusión se produjo cuando se oponía a su par grave /p/).

Por otro lado, los sonidos más robustos para ambos grupos han sido /g b d j ɲ/, todos continuos y sonoros. Como diferenciadores entre grupos actúan /f/ y /ɲ/, que no ofrecen dificultades para los normooyentes, pero resultan muy confundidos para los hipoacúsicos; y, en el sentido contrario, /m/, que se sitúa entre los fonemas menos afectados en el grupo de patologías, pero ha sufrido bastantes confusiones en el de oídos normales.

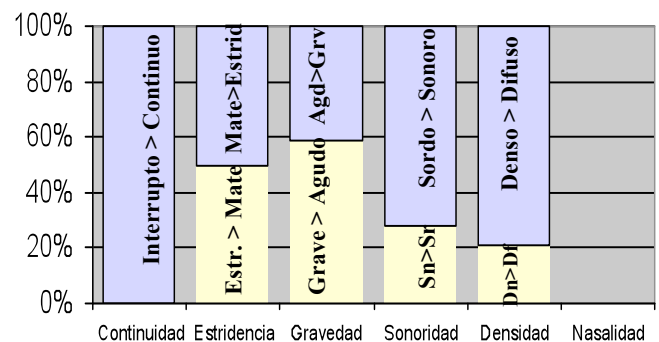
La posición silábica y el contexto vocálico influyen en la percepción<sup>7</sup>: los fonemas en sílaba inicial resultan más frágiles que los interiores; en cuanto a las vocales adyacentes, /i/ es el contexto que suma más errores, y /o/ el que menos.

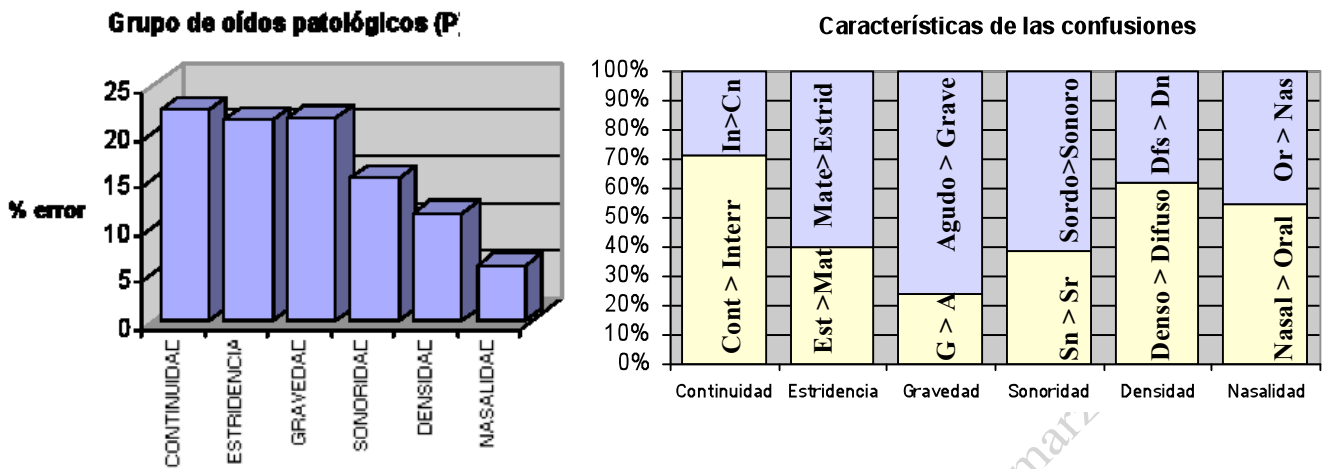
### 3.3. Nivel de rasgos distintivos.

#### Grupo de oídos normales (N)



#### Características de las confusiones





El rasgo de nasalidad se confirma como el más robusto en ambos grupos, y el de gravedad como uno de los más frágiles. Los demás rasgos, sin embargo, presentan un comportamiento diferente para unos u otros; destaca la dificultad de las oposiciones continuo/interrumpido y estridente/mate en oídos patológicos, que no se confirma en absoluto en normooyentes.

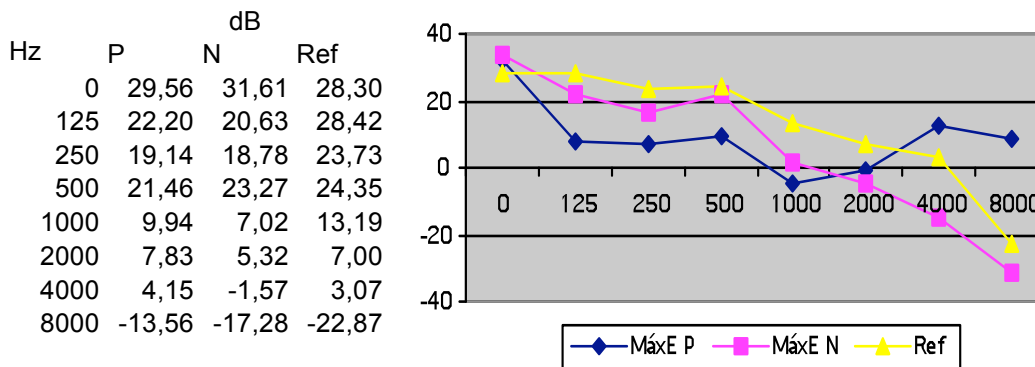
### 3.4. Nivel de frecuencias.

El análisis a nivel de frecuencias tiene unas aplicaciones muy distintas en ambos grupos de sujetos. Para los hipoacúsicos, nuestro interés fue trasladar los resultados del *Test de Rasgos Distintivos* a una curva de dB / Hz que se pueda incorporar a los audiogramas tonales mediante los cuales se determina el nivel de audición del sujeto y se calibra su audífono (Marrero, Santos y Cárdenas, 1994). Por esa razón, nos interesó obtener el espectro promediado de los fonemas diferenciadores<sup>8</sup>, considerando la intensidad que aparecía en las frecuencias características de los audiogramas: 125, 250, 500, 1000, 2000, 4000 y 8000 Hz.

En el caso de los normooyentes la posibilidad anterior carece de sentido. Sin embargo, utilizamos las tablas de dB/Hz de las que ya disponíamos para analizar los errores en el nivel de frecuencias.

En primer lugar, obtuvimos una curva promedio para cada grupo de sujetos, a partir de la media de todos sus errores:

<sup>8</sup> Realizamos las mediciones de dos maneras: con y sin transiciones. En este trabajo nos decantamos por utilizar los datos **con** las transiciones de las vocales anterior y posterior.



En la columna “Ref” (representada en el gráfico de la derecha por los triángulos) aparece el promedio dB/Hz correspondiente al total de la muestra (nuestra *curva-tipo*): mayores intensidades en las frecuencias bajas (hasta 500 Hz), y una caída progresiva hasta los 4000, que se agudiza en el salto hacia 8000 Hz. Los sujetos normooyentes han fallado en la identificación de segmentos caracterizados por presentar una intensidad menor que la media en todas las frecuencias (excepto la más aguda). En el gráfico puede verse la curva correspondiente al segmento más errado por este grupo<sup>9</sup>, donde se repite este patrón, incluso en 8000 Hz. En el grupo de oídos patológicos, sin embargo, el comportamiento varía: los estímulos peor identificados se caracterizan por presentar menor intensidad en las frecuencias inferiores a 2000 Hz, pero a partir de ese punto ocurre lo contrario: el aumento de intensidad en la señal no ha favorecido su identificación, como ejemplificamos en el gráfico por medio de la [s] de /siéRbo/, que ha recogido el mayor número de errores.

Por lo tanto, la distribución frecuencial de las intensidades varía entre ambos grupos. ¿Y su cantidad total<sup>10</sup>? La intensidad media del total de los estímulos fue de 13,15 dB<sup>11</sup>; la intensidad media de los segmentos errados en oídos patológicos fue de 12,59 dB, y la del grupo normooyente, de 10,97: como vemos, se produce un ligero descenso, mayor para el grupo de control, pero poco significativo en ambos casos.

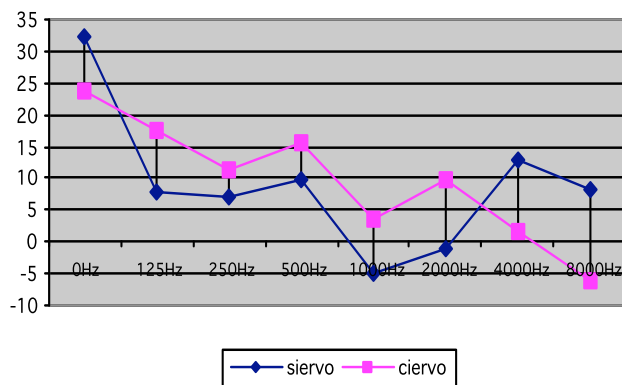
Aún cabría una tercera pregunta: ¿cuál es la relación –si hay alguna– entre la distribución db/ Hz de un sonido errado y la de su par correcto? Veamos dos ejemplos:

<sup>9</sup> Espectro promediado de [t] en /túna/.

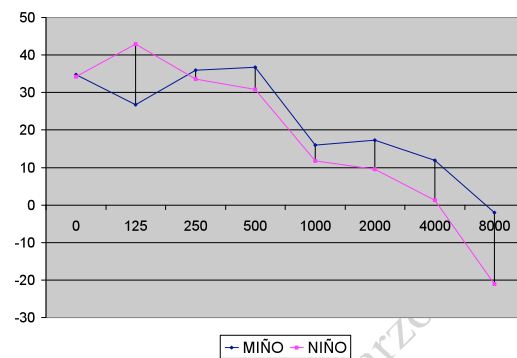
<sup>10</sup> Lo hemos calculado mediante el *promedio de las diferencias* de la tabla anterior.

<sup>11</sup> Sobre un nivel 0 convencional.

Grupo P



Grupo N



¿Los once casos de  $[s] > [\zeta]$  suponen que los oyentes no han percibido esos 10 o 12 dB que separan ambas curvas en 4000 y 8000 Hz? ¿Cuando *miño* se identifica como *niño* (6 veces) podemos interpretar que se han suprimido las diferencias de intensidad que presentan ambas señales a lo largo de todo el espectro? En un primer intento por abordar este tema, restamos la intensidad del estímulo real con la de su par, resumiéndola en una cifra promedio. Nuestra hipótesis era que en los errores del grupo P predominarían los procesos *de supresión*, en los que la intensidad del estímulo real era mayor que la de la respuesta. Sin embargo, los datos no arrojaron diferencias entre los procesos *de supresión* y los *de adición* (en los que la intensidad de la respuesta era superior a la del estímulo) en ninguno de los dos grupos. Seguramente será necesario afinar más en las bandas de frecuencia, muy posiblemente teniendo en cuenta el peso específico de cada una de ellas para la percepción del habla (cfr. el apartado siguiente).

#### 4. DISCUSIÓN

Los primeros tests que evaluaron un nivel inferior al de la palabra fueron llamados *test de rimas* (Fairbanks, 1958; House et al., 1965), aplicados desde 1968 al ámbito clínico por Kreul et al. Voiers fue el pionero en los tests de rasgos distintivos, su *Diagnostic Rhyme Test* es el precedente del T.R.D. (Voiers, 1983). Duggirala y sus cofirmantes han llevado el test de Voiers al ámbito clínico. En sus pruebas verbales, aplicaron el *Índice de Articulación*<sup>12</sup> de French y Steinberg para determinar la

<sup>12</sup> El Índice de Articulación (A.I.) analiza la importancia relativa que determinadas bandas de frecuencias establecidas tienen para la identificación de fonemas. Desarrollado en 1947 por French y Steinberg, fue modificado y adaptado por Pavlovic en ANSI S3.- 1969 para la evaluación audiológica

importancia relativa de las diferentes partes del espectro auditivo en la discriminación de los rasgos distintivos acústicos. (Duggirala et al., 1988).

Nuestros datos muestran, en todos los niveles analizados, un comportamiento diferente entre los dos grupos, el de control y el de hipoacúsicos.

1. Cuantitativamente, por cada error de los primeros, encontramos 13 en los segundos.
2. Los fonemas más afectados en normooyentes son las oclusivas sordas /p/- /t/, segmentos clásicos en estudios sobre percepción, a partir de los descubrimientos de Liberman y sus colegas sobre la importancia de las transiciones (Liberman, 1957, 118); también el estudio pionero de Miller y Nicely (1955) sobre confusiones consonánticas coincide en señalar su dificultad.

En oídos patológicos, aunque /t/ y /p/ conservan su dificultad, las que más sufren errores de identificación son las fricativas de resonancias altas – frecuencias especialmente afectadas en las hipoacusias neurosensoriales (Boothroyd y Medewetsky, 1987)-.

3. En cuanto a rasgos distintivos, las diferencias entre ambos grupos se mantienen: los rasgos peor identificados son sonoridad<sup>13</sup> y densidad en oídos normales, y continuidad y estridencia en oídos patológicos. La gravedad ha resultado afectada en ambos grupos, pero en sentidos diversos: los normooyentes tienden a interpretar como agudos sonidos graves, y los hipoacúsicos lo contrario (de nuevo por problemas con las frecuencias altas). La existencia de estas diferencias apoyaría modelos terapéuticos como el propuesto por Subtelny y Snell (1988).
4. En el nivel de frecuencias, los sonidos errados por ambos grupos eran menos intensos que la media, pero las diferencias resultaron mínimas (-0,56 dB en oídos normales y -2,53 en hipoacúsicos). Sin embargo, donde sí se aprecian patrones divergentes es en la distribución de intensidades por frecuencias: en el grupo N, a menor intensidad, mayor probabilidad de error, independientemente de la banda de frecuencia. En el grupo P, esa relación directa sólo se mantiene hasta los 2000 Hz; a partir de él, los segmentos más errados se caracterizaban por presentar unas intensidades superiores a la media que no consiguieron favorecer su identificación, seguramente por no superar el umbral de audición.

---

<sup>13</sup> En relación con el rasgo de sonoridad, podemos apreciar que, tanto los oídos normales como los hipoacúsicos han tendido a la sonorización, especialmente, en las oposiciones: /t-d/ y /x-g/. De hecho, en las fricativas velares no se recoge ni un solo error por ensordecimiento. Esto último coincide con los resultados de Domínguez Núñez (1988) donde señala que la sonorización es la “dirección de desplazamiento” más frecuente.



Duggirala, Studebaker, Pavlovic y Sherbecoe, en (1988) establecieron una relación entre las “bandas de frecuencias más relevantes” y los rasgos distintivos, según la información obtenida con el TRD (Voiers, 1983); las *frecuencias críticas (crossover frequencies)* para cada rasgo en el test resultaron ser las siguientes:

nasalidad - 472 Hz	sonoridad: 758 Hz	gravedad: 1290 Hz,
densidad - 1618 Hz	continuidad: 1800 Hz	estridencia: 2521 Hz.

Nuestros resultados en oídos patológicos confirmarían su propuesta: las frecuencias críticas más agudas coinciden con los rasgos más afectados: continuidad y estridencia.

## 5. CONCLUSIÓN

Según nuestros resultados, el TRD permite establecer diferencias significativas entre los sujetos con audición normal y los que presentan una pérdida en esa capacidad, y esas diferencias se manifiestan en la frecuencia de los errores, el tipo de fonema errado y los rasgos distintivos afectados. ¿Se puede deducir entonces que los rasgos acústicos son también distintivos en percepción? Antes de contestar es necesario considerar la especificidad de la tarea que se encomienda al oyente ante esta prueba, forzándole a desentrañar detalles muy concretos de la señal sin ninguna ayuda suprasegmental, contextual, lingüística o pragmática.

La descodificación de la señal es una actividad cognitiva compleja, ligada a un sistema activo mediante el cual el oyente compara las señales que recibe con otras que ya tenía previamente almacenadas en la memoria a largo plazo; de ella proceden las expectativas que se generan sobre la señal de entrada, y que optimizan extraordinariamente la comprensión del mensaje. La integración del habla, por lo tanto, se lleva a cabo mediante dos procesos que funcionan coordinadamente (Goldstein, 1992: 438): los que parten de las características físicas de la señal y las trasladan a los centros superiores (procesos de-abajo-a-arriba o *auditivos*), y los que parten de los centros superiores, en forma de estrategias para optimizar el procesamiento, como la restauración fonológica, la aplicación de reglas sintácticas, del conocimiento pragmático, etc. (procesos de-arriba-a-abajo o *fonéticos*).

La prueba que hemos presentado aquí fuerza al oyente a realizar una tarea de descodificación basada en procesamiento de-abajo-a-arriba, casi hasta el máximo nivel posible empleando material verbal (palabras con significado): son detalles muy precisos de

la señal los que diferencian unos estímulos de otros; ambos están presentes en el almacén léxico, y carecemos de ayuda contextual para la desambiguación. Y aún así, los casos en los que el error se ha producido por “adición” de componentes acústicos podrían ser el resultado de un proceso de-arriba-a-abajo.

En todo caso, extrapolar estos resultados a la tarea de descodificación del habla en condiciones *naturales* requiere bastantes precauciones. Es muy probable que en habla continuada las unidades mínimas de descodificación sean superiores incluso al fonema, cuanto más al rasgo distintivo (O’Shaughnessy, 1990: 172).

## BIBLIOGRAFÍA

- Boothroyd, A. Y L. Medewetsky (1987): "Spectral Distribution Of /S/ And The Frequency Response Of Hearing Aids". *Ear And Hearing*, 13(3), 150-157.
- Borzone, M.I. (1988): “Estudio Acústico Y Perceptivo De Las Consonantes Nasales Y Líquidas Del Español”. *Estudios De Fonética Experimental III*, Barcelona, Universidad De Barcelona, 13-34
- Cárdenas, M.R.; Marrero, V. (1994): *Cuaderno De Logaudiometría*, Madrid, Universidad Nacional De Educación A Distancia (UNED).
- Duggirala, V. et al. (1988): “Frequency Importance Functions For A Feature Recognition Test Material”, *Journal Of Acoustical Society Of America*, 83 (6), 2372-2382
- Fairbanks, G. (1958): “Test Of Phonemic Differentiation: The Rhyme Test”, *Journal Of Acoustical Society Of America*, 30, (7), 596-600
- Goldstein, E.B. (1992): *Sensación Y Percepción*. Barcelona, Debate.
- House, A.; Williams, C.E.; Hecker, M.H.L.; Kriker, K. (1965): “Articulation Testing Methods: Consonantal Differentiation With A Closed Set Response”, *Journal Of Acoustical Society Of America*, 37, 158-166.
- Kreul Et Al. (1968): “A Proposed Clinical Test Of Speech Discrimination”. *Journal Of Speech And Hearing Research*, 11, 536-552.
- Lieberman, A.M. (1957): “Some Results Of Research On Speech Perception” *The Journal Of The Acoustical Society Of America*, 29, 1, 117-123.
- Marrero, V.; Santos, A. y Cárdenas, M.R. (1993): “Feature Discrimination And Pure Tone Audiometry”. Comunicación Presentada En El *Third Congress Of The International Clinical Phonetics And Linguistics Association*, 9-11 August 1993, Helsinki, Finlandia. En Prensa.
- Massone, M.I. (1988): “Estudio Acústico Y Perceptivo De Las Consonantes Nasales Y Líquidas En Español”, En *Estudios De Fonética Experimental III*, Barcelona, Facultad De Filología De La Universidad De Barcelona, 15-34.
- Miller, G.A.; Niceley, P.E. (1955): “An Analysis Of Perceptual Confusions Among Some English Consonants”, *Journal Of Acoustical Society Of America*, 27, 338-346
- O’Shaughnessy, D. (1990): *Verbal Communication: Human And Machine*. Addison Wesley Pub. Comp. Reading, Massachusetts
- Pavlovic, CH.V. (1989): “Speech Spectrum Considerations And Speech Intelligibility Predictions In Hearing And Evaluations”, *Journal Of Speech Hearing Disorders*, 54, 3-8.
- Subtelny, J Y K.B. Snell (1988): "Efficacy Of A Distinctive Feature Model Of Therapy For Hearing-Impaired Adolescents" *Journal Of Speech And Hearing Disorders*, 53-2, Pp. 194-200.
- Voiers, W. (1983): “Evaluating Processed Speech Using The Diagnostic Rhyme Test”, *Speech Technology*, 1, 30-39.