

## **Inteligibilidad de la palabra en la medida de la Audición**

*Carmen Delgado Bueno*

*Departamento de Acústica Ambiental. Instituto de Acústica.-CSIC. Madrid*

### **Introducción**

La audiometría tonal proporciona una información valiosa para el conocimiento del estado de audición de un individuo. No obstante, hay que tener en cuenta que los tonos puros, aparte de ser sonidos creados artificialmente, contribuyen tan sólo a la exploración de partes puntuales del sistema auditivo.

Los sonidos más importantes para el desarrollo del ser humano son los provenientes de la voz y dentro de estos, la palabra, que es el vehículo de los procesos de la comunicación, tanto si se considera desde el punto de vista de la emisión, o de la recepción; tanto si se trata de transmisión directa como realizada mediante soporte electrónico. Por esta razón las pruebas audiométricas tonales se completan con ensayos cuya señal es la palabra; estas pruebas reciben el nombre de audiometría vocal o logaudiometría, o incluso otros, según los autores.

El estudio de la inteligibilidad de la palabra tiene también proyección en campos tan diversos como el fonético, calidad de sistemas de comunicación, otorrinolaringología, rehabilitación del lenguaje, adaptación protésica auditiva, acústica de recintos, etc. En general, en todos los procesos que incluyen la producción y detección de la palabra. Este carácter pluridisciplinario, unido a la manera en que se pueden realizar los ensayos en las distintas aplicaciones indicadas anteriormente, ha dado lugar a logros diferentes en alguna de ellas. Uno de los más significativos es el referente a la acústica de recintos, donde a raíz de los trabajos de investigación de Houtgast y Steeneken se ha concretado un procedimiento de medida denominado RASTI (Rapid Speech Transmission Index), que permite obtener valores de inteligibilidad mediante una medida objetiva. Esto no sólo ofrece comodidad en la prueba, sino que facilita su normalización internacional.

En el caso de la aplicación clínica, y debido a las peculiaridades de cada paciente (otras patologías, edad, cansancio, factores psicológicos del momento), el mecanismo del ensayo suele ser muy laborioso y apenas ha variado en los últimos años, como puede comprobarse en la abundante bibliografía existente. Esta circunstancia puede hacer pensar que en este aspecto de la inteligibilidad son pocos los avances realizados. Nada más lejos de la realidad, puesto que la instrumentación se ha perfeccionado, así como las condiciones acústicas de los recintos de ensayo, asegurando resultados fiables para la elaboración de un diagnóstico necesario al ORL, audioprotésista o logopeda.

### **Inteligibilidad de la palabra**

La inteligibilidad representa la comprensión de un mensaje hablado, y se basa en la identificación y en la discriminación de los fonemas. Dentro del mecanismo auditivo y sistema nervioso representa un estadio superior a la identificación.

Fletcher y sus colaboradores de "Bell Telephone Laboratories" fueron los pioneros en cuanto a la medida de los sonidos de la palabra en tanto que fenómenos físicos y en el estudio de la posibilidad de distinguir unos de otros, haciendo avanzar el conocimiento de la voz, de los sonidos del lenguaje, de las relaciones entre la inteligibilidad y determinados parámetros físicos, y de las características auditivas relacionadas con la comprensión del lenguaje, siendo aplicables estos conocimientos a la práctica clínica.

Potter, Kopp y Green en sus medidas espectrográficas del sonido confirmaron antiguos trabajos de Sacia y de Beck, demostrando las diferencias entre las características físicas de las vocales y las consonantes. Las vocales poseen una mayor intensidad, entre 12 y 20 dB, tiene componentes espectrales de frecuencias más bajas que las consonantes, y permanecen en estado estacionario más tiempo. Todas estas características, medibles objetivamente, influyen sobre la inteligibilidad de la palabra.

Como características acústicas de la palabra podemos indicar que aunque el espectro de los sonidos emitidos por los órganos que participan en la fonación se extienden aproximadamente desde 90 Hz a 20.000 Hz, no es necesaria una banda pasante tan amplia para su comprensión. Se considera que la banda de frecuencia útil para la comunicación va desde 100 a 8.000 Hz.

El espectro de la palabra varía continuamente, pero sumando y haciendo una media en un tiempo suficientemente amplio de los espectros instantáneos, se obtiene un espectro continuo, cuyas características varían poco en función del locutor y del discurso, presentando un máximo de amplitud en torno a los 200 Hz.

La potencia media de la palabra en una conversación normal es del orden de 10 mW, cuando está promediada en un gran intervalo de tiempo, por ejemplo de 2 a 4 segundos y corresponde a un nivel de potencia acústica de 70 dB. En el discurso se producen unos 4 fonemas por segundo, siendo comprensible el lenguaje de acuerdo con el desarrollo de estas secuencias.

Recordemos que un fonema se define como la unidad fonológica más pequeña en que puede dividirse un conjunto fónico y, que puede tener distintas realizaciones fonéticas según el contexto que le rodea. Aislado, no es por sí solo vehículo de comunicación, sino agrupado en unidades progresivamente superiores: sílabas, palabras monosílabas, bisílabas, etc.

Además de los aspectos físicos que se han mencionado anteriormente, se dan una serie de condicionamientos de tipo psicofisiológico que afectan al oyente y que influyen en la medida de la inteligibilidad, tales como, su estado de audición, fatiga, circunstancias psicológicas del momento, formación cultural, etc. Debido a esta influencia, los trabajos de investigación en este campo requieren la realización de un análisis estadístico con un grupo representativo de oyentes, lo que hace que el período de toma de datos sea muy laborioso.

## **Elementos necesarios para la realización de la Audiometría Vocal**

Para la realización de audiometría vocal se requiere una cabina audiométrica, un circuito de transmisión, que incluye: audiómetro, auriculares, micrófono y altavoces, y un material vocal seleccionado.

### ***Cabina audiométrica***

La cabina audiométrica debe tener un aislamiento acústico que evite que los sonidos que puedan producirse en el exterior perturben la prueba, y un tratamiento acústico interior de manera que si se realizan ensayos por medio de altavoces no se produzcan efectos sonoros indeseados durante los mismos. Se trata de conseguir un campo acústico semireverberante, a base de tratamiento en las paredes y techo con materiales absorbentes y de actuar si es necesario sobre la geometría del local, evitando paralelismos en las paredes. Al estar situado el oyente en la proximidad del altavoz o de los altavoces emisores, se le considera en campo directo y allí, el campo reverberado del resto del recinto es despreciable. Existe normativa que especifica las características de las cabinas audiométricas.

Si no se dispone de un recinto adecuado, el operador procurará que no se produzcan ruidos en los habitáculos del entorno donde está situado el paciente y, respecto al interior, si el local es rectangular, se tratará de controlar el tiempo de reverberación colocando algún material absorbente.

### ***Instrumentación***

Los audiómetros clínicos ofrecen la posibilidad de enviar las señales de prueba al oyente, mediante la palabra emitida directamente a través de un micrófono y disponen de entrada de cinta magnética para el caso en que se las palabras del test estén grabadas. Es necesario que el audiómetro esté calibrado y se debe cuidar especialmente el buen funcionamiento del medidor de señal, para los casos en que las palabras sean emitidas de viva voz. Requiere también atención el control de los auriculares, ya que con el uso, el aro de ajuste a la cabeza se deteriora, perdiendo los cascos la fuerza de aplicación necesaria para evitar fugas sonoras en detrimento de los resultados.

### Material vocal o test de inteligibilidad

La selección del test en pruebas de audiometría vocal responde a distintos criterios según el fin a que se destine. Puede elaborarse una lista con monosílabas, bisílabas, frases, logatomos (o logotomas según algunos autores), que son monosílabas o polisílabas sin significado para el oyente.

La curva obtenida será distinta según el tipo de material vocal seleccionado, ya que cuanto más información se proporciona mejor respuesta se alcanza, pues se ponen en marcha mecanismos añadidos a la mera audición de la palabra, como la suplencia mental: se puede acertar en la respuesta de una trisílabo mal oída, lo que no ocurre con una palabra de una sola sílaba.

La bibliografía consultada nos indica que en el caso de la audiometría vocal, los test se elaboran preferentemente con el criterio de que en ellos estén representados los fonemas en la misma proporción que en el idioma de que se trate, en cuyo caso se dice que están equilibrados fonéticamente. Este ha sido el criterio que se ha seguido en el Instituto de Acústica desde el año 1968, en que elaboramos el primer test, de acuerdo con la distribución de fonemas publicada por E. Alarcos. Fig 1

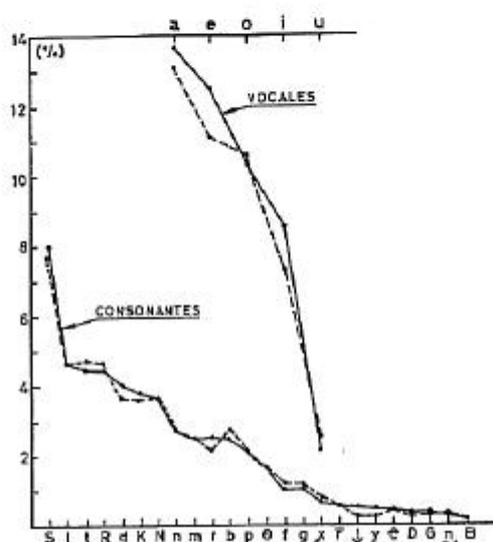


Figura 1.- Frecuencia de repetición de los fonemas: línea continua, en castellano; línea de trazos, en el test.

La elección de palabras bisílabas se debe a que son las más frecuentes en el idioma español. Las palabras de un test, además, deben tener el mismo número de sílabas, no inducir a error, formar parte del vocabulario usual del oyente y tener una pronunciación fija.

Cada grupo de palabras de un test debe ser presentado al oyente a una misma intensidad sonora. Para conseguir esto es recomendable disponer de una grabación en cinta magnética, donde queda asegurada la igualdad del nivel de las palabras y, por tanto la repetitividad en cada prueba que pueda requerirse sucesivamente. En dicha grabación, es necesario previamente grabar una señal de calibración, para ajustar el nivel deseado con los potenciómetros del audiómetro.

El pionero en el estudio de test de inteligibilidad en español, fué el argentino Tato. Otros autores que han elaborado listas son: Azoy (incluye listas de frases), López Estrada, Quilis, Rosenblut en Chile, Berruecos en Méjico, Tosi de la Universidad de Michigan, etc. En catalán, se emplean las de Serra-Raventós.

La realidad de la práctica clínica demuestra, no obstante, que dada la dificultad con cierto tipo de pacientes, que bien por su estado de salud o por su edad, no son capaces de contestar a las palabras presentadas con la secuencia marcada por un test grabado previamente, prevalecerá el criterio de voz directa, controlada por el medidor de señal del audiómetro. Es preferible tener pocas respuestas y que estas sean correctas, que muchas erróneas. Por otra parte hay que tener en cuenta que en algunos casos la prueba requiere lectura labial por parte del oyente.

## Información que proporciona la Audiometría Vocal

La curva típica de inteligibilidad tiene forma de S mayúscula alargada, con más o menos inclinación, dependiendo del tipo de material fonético que se emplee. La curva ideal sería la correspondiente a una lista de palabras tan homogéneas que todas ellas fueran inteligibles a la misma intensidad.

En la figura 2 se representa la curva de referencia, obtenida con palabras bisílabas del test mencionado anteriormente, calculada sobre un grupo de 100 oyentes jóvenes, con audición normal y mediante auriculares. Las cien palabras del test están constituidas en grupos de diez, que se presentaron a los oyentes a niveles variables de cinco decibelios, desde un valor de 15 dB hasta 45 dB.

En ordenadas se representan los valores de inteligibilidad (I), que se dan en porcentajes y en abscisas, el nivel de presión sonora, en decibelios.

Se incluye la curva obtenida con una lista de palabras monosílabas, que no está equilibrada fonéticamente, debido a lo poco frecuentes que son estas palabras en castellano, y podemos observar la casi coincidencia de los valores umbral de inteligibilidad y máximo alcanzado en el ensayo para ambas listas, que justificamos por lo muy simplificado del sistema vocálico del idioma.

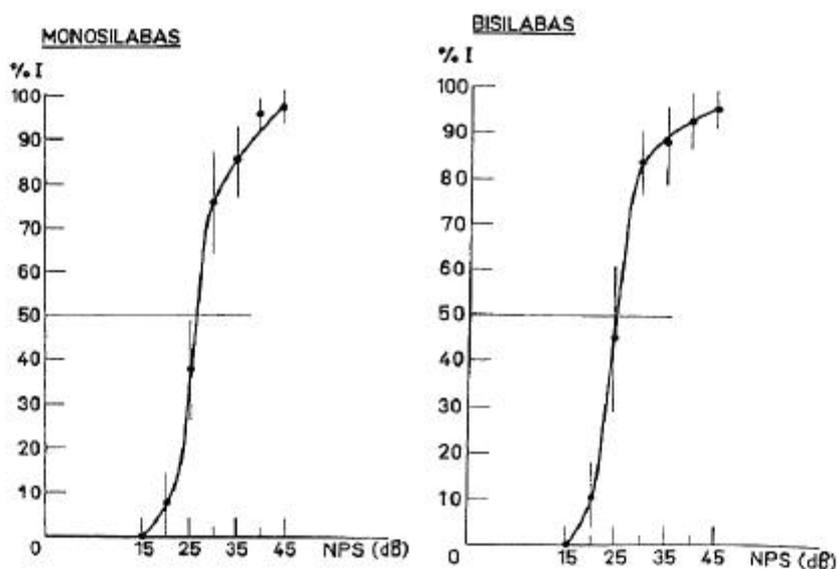


Figura 2.- Inteligibilidad en función de la intensidad vocal.

Mediante un ensayo de inteligibilidad se pueden deducir los siguientes conceptos:

- Umbral de inteligibilidad: intensidad vocal a la que el oyente puede repetir el 50% de las palabras que le son presentadas.
- Umbral de detectabilidad: intensidad a la que el oyente detecta la señal, pero no puede reconocerla.
- Umbral de perceptibilidad: el oyente empieza a reconocer sonido vocálico, sin comprender el significado
- Máximo de inteligibilidad: valor del porcentaje máximo alcanzado en el ensayo
- Déficit de discriminación: diferencia entre el valor 100% de inteligibilidad y el valor máximo alcanzado en la prueba.
- Umbral de distorsión: nivel de intensidad vocal que corresponde al punto en que la curva de inteligibilidad empieza a decrecer, en el caso que esto ocurra.

Índice de capacidad auditiva (ICA): es la media aritmética expresada en porcentaje de los índices de inteligibilidad medidos a los tres niveles correspondientes a voz fuerte, media y débil. Se puede considerar como una valoración de la facultad de comunicación del individuo y podría ser de utilidad en los diagnósticos para invalidez, en el caso de que estuviera normalizado. Respecto a la valoración de estos niveles varía según los autores. Para unos es 70, 50 y 30 dB. Para Davis eran 85, 70 y 55 dB.

El umbral de inteligibilidad en una audiometría vocal se obtiene por comparación con el de una curva de referencia, o curva normal, medido sobre la paralela al eje de abscisas, trazada por el punto correspondiente al 50% de inteligibilidad del eje de ordenadas y se da en decibelios ( Fig 3, según Portmann)

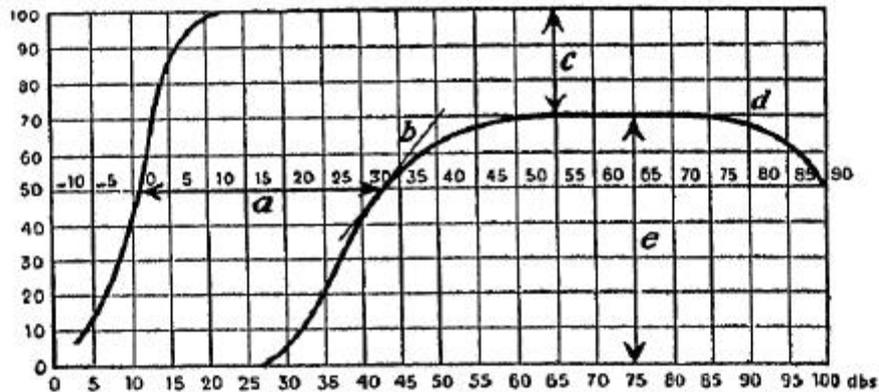


Figura 3.- Características de la curva de inteligibilidad

- a: umbral de inteligibilidad o índice vocal, en este caso 30 dB
- b: pendiente de la curva
- c: déficit de discriminación: 30 %
- d: umbral de distorsión: 85 dB
- e: porcentaje de discriminación: 70%
- Máximo de inteligibilidad alcanzado en el ensayo: 70%

Conviene por tanto conocer esa curva de referencia, pues podría darse el caso de que comparásemos valores de un paciente obtenidos con palabras bislabas, con los de una curva de referencia obtenida con otro material vocal y, por consiguiente, trabajar con resultados erróneos.

Para evitar confusiones es importante distinguir entre el concepto de umbral de inteligibilidad enunciado en el cálculo de la curva de referencia y el valor umbral de inteligibilidad calculado según se ha descrito anteriormente sobre una prueba realizada. Sería más apropiado en este segundo caso usar el término de pérdida vocal, en equiparación con la audiometría tonal.

### Utilidad de la Audiometría Vocal

La audiometría vocal proporciona una herramienta de gran ayuda en clínica en cuanto al aspecto diagnóstico, en el campo de la adaptación protésica auditiva, en el de la rehabilitación oral y como ya se mencionó, podría ser de utilidad en la legislación laboral que incluye la pérdida de la audición y que, teniendo en cuenta la situación de dificultad en la comunicación por parte de un individuo, se basa únicamente en la realización de audiometrías tonales.

En la figura 4, según Portmann, observamos cómo la forma de la curva nos da una indicación respecto al tipo de sordera, al igual que ocurre con la audiometría tonal

Vemos que la sordera de transmisión ofrece una curva prácticamente paralela a la normal, pero desplazada lateralmente hacia niveles más elevados, y en la sordera de percepción, además del desplazamiento hacia niveles superiores, se observa una inclinación con caída pronunciada que, en algunos casos, puede llegar a producirse apenas alcanzado el umbral de audición.

En las curvas numeradas de la figura, vemos la representación de lo explicado anteriormente. En las curvas 2, 3, y 4 en que el valor de la inteligibilidad va decreciendo, se obtiene la indicación de una lesión más o menos profunda del aparato de recepción.

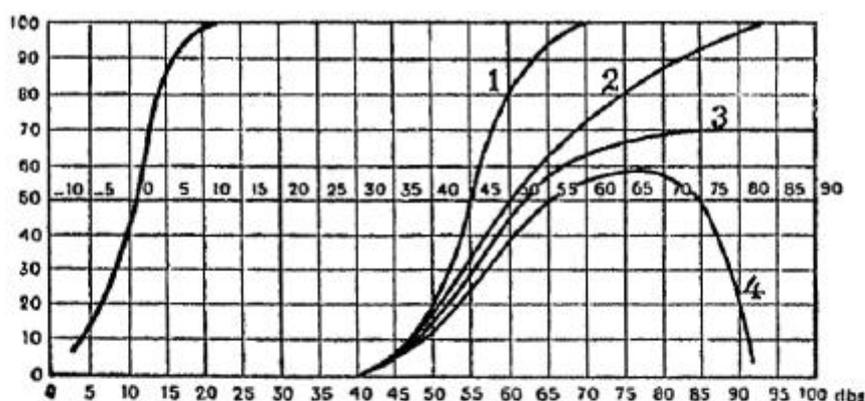


Figura 4.- Variación de la curva de inteligibilidad según el tipo de sordera.

### Tests vocales especiales

Existen una serie de pruebas de audiometría vocal, que requieren una instrumentación específica, tanto para la elaboración del material de ensayo, como para su presentación al oyente, por lo que su realización debe quedar reservada a centros clínicos especializados.

Entre estas podemos destacar las de : P. Hennebert, que deforma artificialmente el estímulo habitual; Bocca, que introduce variaciones mediante filtros de paso bajo, o realiza interrupciones periódicas del mensaje y junto con Calcaro, presenta en un test elaborado por ambos, aumentando la velocidad del mensaje, enviándola desde una velocidad normal de 140 vocablos por minuto hasta 250 y 350 por minuto; Lafon utiliza en sus tests, no sólo las palabras, sino que tiene en cuenta los fonemas que las constituyen, con el fin de analizar de manera precisa las distorsiones cocleares. Ha elaborado cuatro grupos de listas fonéticas, que corresponden a cuatro tipos de pruebas: lista de barrido, que investiga si existen distorsiones dignas de interés, lista coclear, que permite precisar distorsiones que afectan a la cóclea, lista de recruitment, para destacar perturbaciones del reconocimiento de fonemas encontradas habitualmente en oídos con recruitment y lista de integración, que permite investigar perturbaciones del mensaje auditivo en relación con trastornos de su identificación en el sistema nervioso.

Estos test especiales están destinados al diagnóstico de sorderas del sistema nervioso central.

### Factores físicos que influyen en la inteligibilidad

Los parámetros físicos que afectan de una forma más evidente a la inteligibilidad de la palabra, teniendo en cuenta la forma en que se realiza la comunicación en la vida real son, la intensidad sonora, el margen de frecuencia de la banda de transmisión y el enmascaramiento por ruido de fondo.

#### *Inteligibilidad en función de la intensidad sonora*

En el gráfico de la fig 2 se comprueba cómo el aumento del nivel de emisión del sonido propicia una mejora en la inteligibilidad de la palabra. No obstante hay que tener en cuenta que niveles excesivos dan lugar a distorsión en la señal, dificultando en este caso una audición correcta. También aparecen otros efectos negativos si se llega a que la voz se convierta en "gritada" entre los que podemos destacar: incremento de la amplitud relativa de las vocales frente a las consonantes, incremento de la frecuencia del primer formante y decrecimiento del cuarto (F2 y F3 permanecen invariables), aumento de la duración de las vocales y disminución de la duración de las consonantes.

### *Influencia del margen de frecuencia de la banda de transmisión*

La respuesta en frecuencia del test puede no ser lineal después de su paso a través de un sistema de reproducción sonora y puede verse influida por las condiciones acústicas del recinto de ensayo.

Se dice que la respuesta de un aparato o de un sistema de transmisión es lineal en función de la frecuencia cuando deja pasar igualmente bien todas las frecuencias por él delimitadas, con una diferencia admisible de  $\pm 2$  dB. Si se facilita el paso de algunas frecuencias, en detrimento de otras, diremos que existe distorsión de frecuencia

En las figuras 5 y 6 se observan los resultados obtenidos en pruebas de inteligibilidad en función de la intensidad sonora y en las que la anchura de la banda pasante ha sido variada por medio de un sistema de filtros de paso alto y de paso bajo, intercalados en el sistema de reproducción.

Los oyentes han recibido la señal mediante auriculares.

Como frecuencias de prueba se han utilizado las siguientes:

Filtro de paso bajo: 4.000 Hz, 2.500 Hz, 2.000 Hz, 1.500 Hz, 1.000 Hz, 500 Hz

Filtros de paso alto: 250 Hz, 500 Hz, 1.000 Hz, 2.000 Hz, 4.000 Hz

En la figura 5 (Izq.), correspondiente a los resultados con los filtros de paso bajo, se observa que para frecuencias de corte elevadas ( $F_c=4$  kHz, 2,5 kHz, 2 kHz), se aprecia una ligera influencia de la anchura de banda pasante sobre la inteligibilidad, alcanzando valores de  $I$  muy aproximados a los que se obtienen con todo el margen de frecuencias.

A partir de frecuencias de corte inferiores a 2.000 Hz, se producen desviaciones apreciables del valor de  $I$ , obtenidos para todo el margen de frecuencias de transmisión. Estas desviaciones se acentúan para la frecuencia de corte de 1.000 Hz. La obtención de estos resultados está justificada teniendo en cuenta la distribución de las regiones formantes de las vocales en español, observando cuales quedan anuladas en cada caso de filtrado.

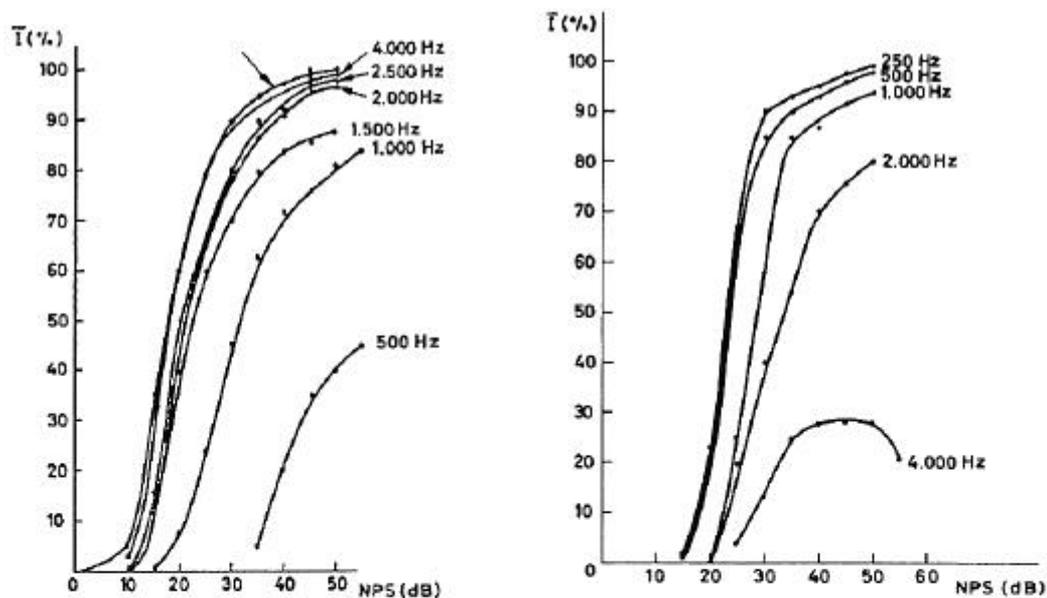


Figura 5. Inteligibilidad en función de la banda pasante: Izq., filtro-bajo; Dch., filtro paso-alto.

En la figura 5 Dch., correspondiente a los resultados de los ensayos con filtros de paso alto, se observa igualmente, a partir de 1.000 Hz y para frecuencias de corte superiores, una disminución de los porcentajes de inteligibilidad para los mismos valores del nivel de presión sonora. Un análisis espectrográfico de las palabras filtradas, justificaría los resultados como en el caso anterior, por la anulación de regiones formantes necesarias para el reconocimiento de una palabra.

En la figura 6 se ha representado la variación de la inteligibilidad en función del filtrado, para un mismo nivel de emisión de palabra (50 dB), pudiendo observar que la región de frecuencias más importante para la inteligibilidad de la palabra hablada en español es la comprendida entre 1.000 Hz y 2.000 Hz. En las curvas publicadas para el inglés por Miller, según French y Steinberg, la zona más favorable se encuentra entre 1.500 y 2.000 Hz.

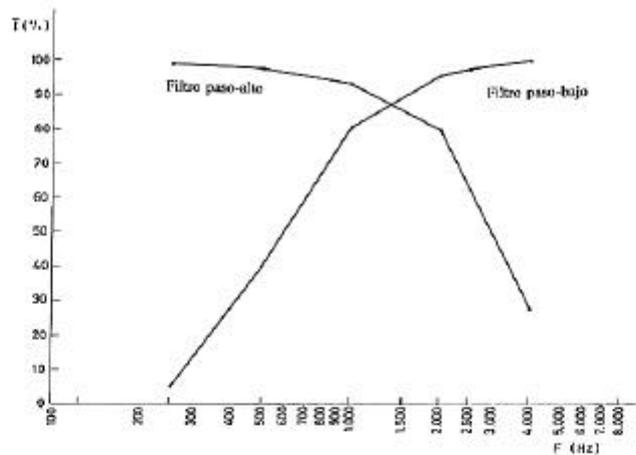


Figura 6.- Influencia del filtrado sobre la inteligibilidad, para un mismo nivel de emisión

**Efecto del enmascaramiento por ruido de fondo sobre la inteligibilidad.**

La vida cotidiana se desarrolla en ambientes más o menos ruidosos, que afectan a la comunicación oral y, por tanto, a la inteligibilidad de la palabra.

El hecho de medir el estado de audición de una persona en el silencio no basta para conocer su capacidad de comprensión de la voz o de otro tipo de sonidos que constituyen el ambiente sonoro en que se desarrolla la vida cotidiana. Es interesante conocer, por tanto, cómo se percibe la palabra en presencia de ruido.

En las figuras 7 y 8 se presentan los resultados de ensayos de inteligibilidad realizados con ruidos enmascaramadores. Se ha elegido un ruido blanco filtrado (frecuencia central 1.000 Hz y ancho 1/3 de octava) por ser una de las bandas más adecuadas para enmascarar intensidades medias y un ruido industrial que corresponde a maquinaria de telares. En ambos casos la palabra se ha emitido a un nivel constante de 70 dB y el nivel del ruido de fondo se ha ido variando con incrementos de 5 dB.

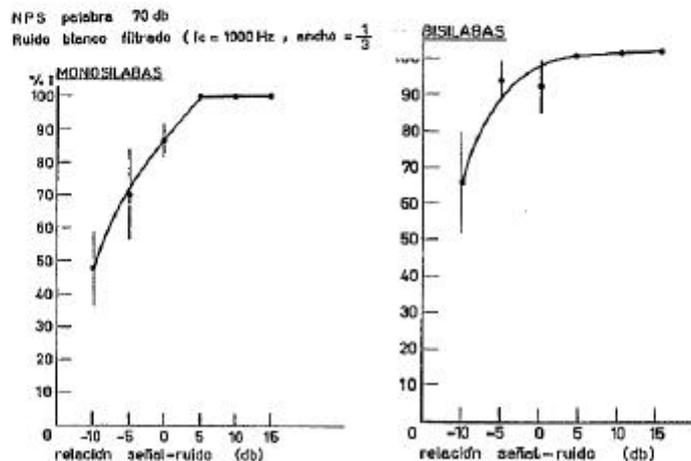


Figura 7.- Ensayos de inteligibilidad con enmascaramiento por ruido blanco.

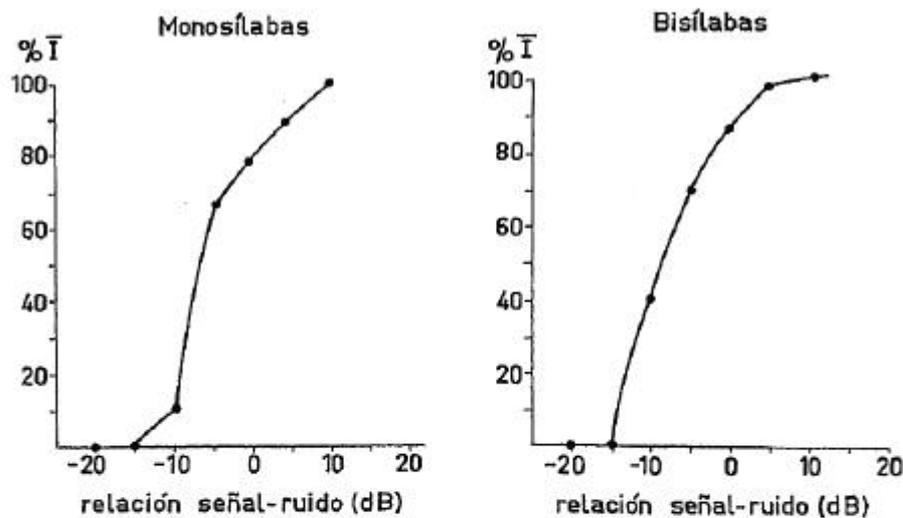


Figura 8.- Ensayos de inteligibilidad con enmascaramiento por ruido industrial (telares).

Se comprueba en ambos casos que la influencia del ruido deja de ser significativa para la inteligibilidad cuando la relación señal/ruido es mayor de 5 decibelios

### Consideraciones finales

En relación con el tema de la inteligibilidad de la palabra así como en otros de tipo subjetivo, es frecuente, en consultas bibliográficas, leer trabajos de investigación en los que el autor no especifica las condiciones en que se han realizado: forma de recepción del sonido (auriculares o altavoces), número de oyentes que han participado, tipo de instrumentación, tipo de muestra vocal, etc. Esta falta de información puede inducir a error al comparar resultados.

Conviene indicar que en estas experimentaciones es de gran ayuda el estudio espectrográfico de la muestra vocal presentada, para la interpretación de los resultados obtenidos, especialmente cuando se trata de sonidos enmascarados por ruido, o en los casos de variación del margen de frecuencia de la banda de transmisión.

Finalmente y concretándonos a la práctica de la audiometría vocal, recordar que presenta grandes dificultades para su realización: por las posibles peculiaridades del oyente; por la cadena de transmisión del sonido que puede introducir distorsiones tanto de amplitud como de frecuencia; por la selección del material vocal, que al tener que ser en la lengua materna del oyente dificulta su normalización; por la exigencia de unas instalaciones de las que no todos los profesionales disponen; por la dificultad de calibración de los audiómetros de palabra.

En aplicaciones clínicas se deberán suplir las posibles carencias en instalaciones, con la experiencia y conocimientos de los operadores, teniendo siempre presente la debida atención a la calibración del equipo utilizado.

### Bibliografía

- Miller, G.A.- Language and Communication, Mc.Graw Hill, N.Y.- 1951
- Miller, G.A.- The Perception of Speech, Mc. Graw Hill, N.Y.- 1951
- Hirsch, I.J.- The Measurement of Hearing, Mc Graw Hill. N.Y. 1952
- Fletcher, H.- Speech and Hearing in Communication, Van Nostrand, N.Y. 1953
- Stevens, S.S.- Handbook of experimental psychology, John Wiley & Son, N.Y. 1960

- Delgado,C.-Test CIF standard pour essais d'intelligibilité en espagnol. 6th International Congress on Acoustics. Tokyo, 1968
- Delgado,C.- Estudio de la transmisión de la palabra en español en función de la banda de frecuencia pasante. XV Bienal Real Sociedad Española de Física y Química, Tarragona, 1971
- Taylor,W.- Disorders of Auditory function, Academic Press, London,1973
- Alarcos Llorach,E.- Fonología Española. Gredos, Madrid, 1965
- Lancha de Lara, J.- Audiometría vocal.-XVIII Reunion Sociedad ORL, Madrid, 1973
- Rostolland,D. et al.-Physical analysis of shouted voice.- Eighth International Congress on Acoustics, London, 1974
- Portmann,M y C.- Audiometría clínica, Toray-Masson, Barcelona, 1979
- Tobias,J.V.- Hearing Research, Academic Press, N.Y, 1983
- Quilis,A.- Fonética acústica de la lengua española, Gredos, Madrid, 1981
- Zwicker,E,Feldtkeller,R.- L'oreille receptrur d'information, Masson, 1981
- ISO 4870.- Recommended methods for the construction and calibration of speech intelligibility test
- CD/ISO 8253-3.- Audiometric test methods/part 3: speech audiometry
- Gelis,C.- Bases techniques et principes d'application de la prothese auditive, Sauramps medical, Montpellier, 1993