

# Material para la evaluación de la percepción del habla en ruido en niños. Frases PIP-UNED

*Mariana Maggio De Maggi, Victoria Marrero Aguiar y Juan Carlos Calvo*

## Resumen

**Introducción.** Los profesionales del ámbito audiológico necesitan valorar la percepción del habla por la población pediátrica con herramientas estandarizadas que se adapten a sus características y reproduzcan el ambiente cotidiano al que están expuestos los niños.

**Objetivo.** Elaborar una prueba de logaudiometría infantil en español (grupo meta 6-7 años) para valorar la discriminación de frases con ruido de habla superpuesto.

**Diseño.** Se crearon diez listas de seis frases controlando las variables de equilibrio fónico, frecuencia y familiaridad del léxico, estructura sintáctica y patrón entonativo. Su locución, realizada por una profesional, se efectuó en condiciones de silencio y bajo el efecto Lombard (habla enfática por ser emitida bajo exposición al ruido). También creamos un ruido multihablante de niños. Posteriormente, el ruido se superpuso a las frases utilizando un patrón de enmascaramiento de tipo adaptativo en seis condiciones de relación señal/ruido: 30, 10, 5, 0, -5 y -10 dB.

**Muestra del estudio.** La valoración inicial se ha realizado con 40 niños de ambos sexos, normooyentes de primer ciclo de primaria (edad media=6.8 años).

**Resultados.** Las respuestas de los sujetos fueron estadísticamente similares. Todas las listas pasaron de unas tasas de inteligibilidad próximas al 100% en la primera frase a un 0% en la última, según el patrón esperado. El 50% de discriminación se obtuvo, para las listas locutadas en silencio, en una relación señal/ruido algo inferior a 0 dB (tasa de aciertos en la tercera frase del 56%); en las listas grabadas con efecto Lombard el 50% de discriminación se alcanza con un ruido 3 dB más intenso (tasa de aciertos en la tercera frase del 80%).

**Conclusión:** Las listas de Frases PIP-UNED son un material adecuado para el nivel de desarrollo cognitivo y del lenguaje de la población meta y resultan suficientemente sensibles para valorar la respuesta al habla en ruido.

## INTRODUCCIÓN

La comprensión del habla requiere procesos cognitivos generados en el nivel central

del sistema nervioso (procesos descendentes, como el conocimiento de la estructura del lenguaje, el tema y el contexto) y procesos generados desde el nivel periférico (procesos ascendentes, como la recepción y el análisis de los sonidos escuchados). La contribución relativa de unos u otros dependerá de muchas variables, una de las cuales

---

*Correspondencia:* Programa Infantil. Phonak Ibérica. C/ Oriente 78-84. 01873. San Cugat del Vallés. Barcelona. Tf. 639 306 118. pip@phonak.com

son los umbrales auditivos y las condiciones de la escucha. La eficacia de estos procesos estará también determinada por factores cognitivos y madurativos, incluyendo la memoria, la atención y la fatiga y el nivel de desarrollo del lenguaje. La medida en que cada niño puede utilizar ambos tipos de procesamiento afectará sus habilidades de percepción del habla en ambientes acústicos degradados<sup>1</sup>.

Las aulas de educación ordinaria son esencialmente ambientes auditivo-verbales. En el 45% del horario escolar, los niños están involucrados en actividades en las que predomina la expresión oral de los profesores y compañeros. La información se recibe mayoritariamente de forma auditivo-visual. Una buena audición es esencial para el aprendizaje en el ámbito educativo<sup>2</sup>.

Sin embargo, es una realidad que las aulas escolares son ambientes acústicamente pobres con niveles de ruido de fondo que exceden los valores ideales<sup>3</sup>; la mayor fuente de ruido en las aulas escolares son los propios niños<sup>2</sup>. La comprensión del habla en ruido se torna entonces fundamental cuando los niños ingresan en el sistema educativo formal.

Los profesionales del ámbito audiológico necesitan contar con herramientas estandarizadas para la valoración de la percepción del habla adaptados a las necesidades de la población pediátrica en cuanto a complejidad y que reproduzcan las características del ambiente al que están expuestos los niños en la vida cotidiana.

## OBJETIVOS

Para la valoración de la percepción del habla en ruido en español, hasta el momento, sólo disponíamos de dos pruebas estandarizadas<sup>4,5</sup>. Su principal desventaja consiste en la necesidad de software y hardware adicional para poder llevarlas a cabo.

El objetivo de este trabajo ha sido elaborar una prueba de logaudiometría, en español, para población infantil (a partir de 6 años) que permita valorar la capacidad para discriminar frases con ruido de habla superpuesto, de fácil aplicación, sin necesidad de hardware ni software adicional.

## DISEÑO

Tomando como referencia el diseño de la prueba QuickSIN de percepción de habla en ruido de Killion<sup>6</sup> diseñamos una prueba de patrón de enmascaramiento con ruido multihablante de tipo adaptativo con características propias. Para ello se elaboró el material verbal con una serie de frases controlando las variables de equilibrio fónico, frecuencia del léxico y familiaridad, estructura sintáctica y patrón entonativo. Al mismo tiempo se creó un ruido multihablante de niños para superponer a las frases.

### Composición de las listas

Se creó un banco inicial de 80 frases, equilibradas fonológicamente, con coeficiente de correlación entre la frecuencia de fonemas del español hablado y la de las listas entre 0.943 y 0.969, seleccionado entre las palabras más frecuentes del primer ciclo de primaria<sup>7</sup> para controlar la frecuencia léxica y la familiaridad de la población meta. Para el control sintáctico y entonativo se utilizaron sólo oraciones enunciativas simples.

Este banco inicial de 80 frases fue evaluado por 49 niños de 8 años de edad (25 de sexo masculino y 24 de sexo femenino), en un colegio de Madrid. Se eliminaron las 20 frases menos familiares para construir con el resto el conjunto final.

Las 60 frases seleccionadas quedaron distribuidas, según su sintaxis, de la siguiente forma: Sujeto Verbo Complemento, SVC (75%), SVCC (11%) y VCC (10%); otras

(4%). Con dichas frases se conformaron **diez listas**, constituidas por **seis frases** con significado, cada una de ellas con **cuatro palabras clave**, que son las que se contabilizan a los fines de puntuación de la prueba.

La locución de las frases, realizada por una locutora profesional, se efectuó en dos condiciones de auto-monitorización: silencio y ruido conversacional a través de los auriculares. Esta última condición buscaba generar el efecto Lombard, estrategia de los hablantes para incrementar la perceptibilidad de la señal en entornos ruidosos<sup>8</sup>. Tal efecto se consigue principalmente elevando el tono, aumentando las frecuencias formánticas, subiendo la intensidad y disminuyendo la tasa de habla. Estas modificaciones varían en función del tipo de ruido y del contenido de la señal. En relaciones señal/ruido altas afecta por igual a toda la señal pero cuando el ruido se acerca a la señal, los cambios son mayores en las palabras con contenido semántico<sup>9</sup>.

Posteriormente se realizó un control de los picos de intensidad en las grabaciones de ambas condiciones de automonitorización. Haciendo un análisis acústico de ambos grupos de listas (Normales y Lombard) con ruido superpuesto se comprobó que las listas Lombard eran, en general, menos intensas que las normales, con diferencias estadísticamente significativas excepto en las listas 3, 6 y 10. Sin embargo sus variaciones de intensidad son menores que las de las listas locutadas en silencio.

**El ruido multihablante y el patrón de enmascaramiento**

Se creó un ruido multihablante con voces infantiles. Los locutores fueron dos niñas y dos niños de 7 años, leyendo un texto fonéticamente equilibrado y manteniendo conversaciones espontáneas. Las grabaciones se llevaron a cabo de manera individual y

grupal. Posteriormente se realizó una superposición de las mismas efectuándose un control manual de los picos de intensidad hasta un máximo de 3 dB entre el punto más intenso y el menos intenso. Las grabaciones se llevaron a cabo en Laboratorio de Fonética del Centro de Ciencias Humanas y Sociales del Consejo Superior de Investigaciones Científicas.

Para determinar el patrón de enmascaramiento se hizo un pre-test con seis ficheros de ruido de intensidad creciente y se realizaron pruebas con todas las listas de palabras aplicando diferentes relaciones señal/ruido con 10 niños normooyentes de 7 años. Se determinó así un patrón de enmascaramiento donde se obtuvo un 100% de discriminación cuando la relación señal/ruido era de 30 dB y un 0% de discriminación cuando la relación señal/ruido era de -10 dB, pasando del 85% al 10% de discriminación en dos escalones (Figura 1).

A partir de este resultado se determinó el patrón final de enmascaramiento de la prueba que se especifica en la tabla 1.

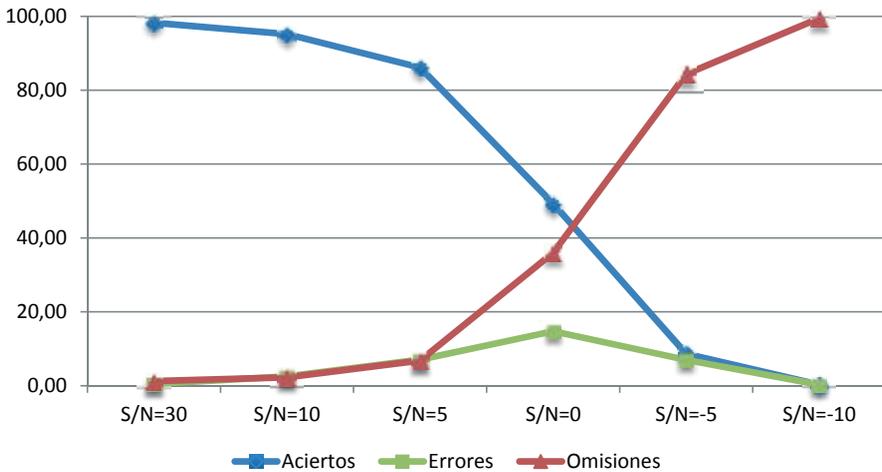
<i>Frase</i>	<i>Relación señal/ruido</i>
1ra.	30 dB
2da.	10 dB
3ra	5 dB
4ta	0 dB
5ta	-5 dB
6ta	-10 dB

**Tabla 1.** Patrón final de enmascaramiento

**MUESTRA: Validación**

**Sujetos y métodos**

Inicialmente todas las listas se valoraron en 40 sujetos normooyentes (48% niñas y



**Figura 1.** Resultados del pre-test para determinar el patrón de enmascaramiento.

52% niños) del primer ciclo de educación primaria, distribuidos de la siguiente forma: 5 sujetos de 6 años, 24 de 7 años y 11 de 8 años; 50% habitaban en Madrid y 50% en Barcelona.

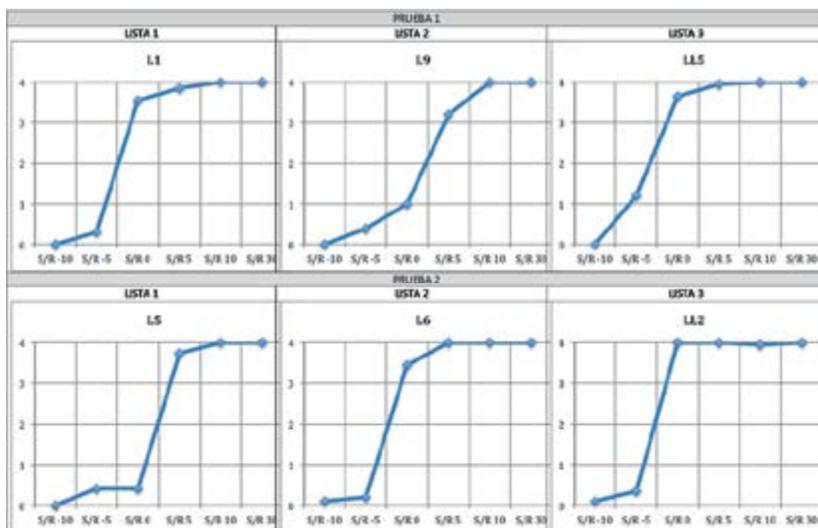
La valoración se realizó en cabina sonoa-mortiguada, utilizando como transductores los altavoces de campo libre a 45 ° calibrados con una señal de tono puro de 1000 Hz a 60 dB SPL.

Cada sujeto respondió a 10 listas, 5 del conjunto normal y otras 5 del conjunto Lombard. En consecuencia, cada lista recibió 20 valoraciones. No se observaron diferencias estadísticamente significativas entre las respuestas de los sujetos (ANOVA de una vía para muestras emparejadas: Listas normales  $F=1,2$ ;  $p=0,26$  y Listas Lombard: sólo diferencias en dos sujetos, el resto nivel  $p=0,25$ ). Los estímulos se presentaron con la relación señal/ruido variable preestablecida, de tipo adaptativo, en cuatro órdenes diferentes, siendo cada orden valorado por 10 sujetos. Se determinó así una media de aciertos para cada lista a las diferentes relaciones señal/ruido.

## RESULTADOS: Análisis de datos

Los resultados generales respondieron al patrón esperado: los aciertos alcanzaron tasas cercanas al 100% en las dos primeras frases, descendieron sobre todo en la cuarta (listas normales) y quinta (listas Lombard), y en la última frase la discriminación fue muy próxima a cero. El descenso de 100% a 0% se produce, por tanto, en menos de 20 dB. Los errores fueron muy escasos, y por tanto, las omisiones prácticamente complementarias a los aciertos.

A partir de la tasa de aciertos de cada lista del conjunto normal se determinaron tres niveles de complejidad: listas fáciles (L1, L2, L3 y L6), con una media de aciertos de 15,4 palabras clave (ANOVA una vía nivel  $p=0,350$ , superior a 0,05 por lo tanto las diferencias entre los aciertos en cada lista no son significativas), listas de dificultad media (L4, L7, L8 y L10), con una media de aciertos de 14,1 palabras clave (ANOVA una vía nivel  $p=0,924$ ) y listas difíciles (L5 y L9), con una media de aciertos de 12,5 palabras clave (ANOVA una vía nivel  $p=0,695$ ). En su conjunto las listas normales presentaron



**Figura 2.** Ejemplo de las curvas de respuesta de cada una de las listas de las pruebas 1 y 2.

una tasa de acierto promedio de 14 palabras, mientras que para las listas Lombard fue de 16,2.

**Estructura de la prueba de Frases PIP-UNED**

Con el banco de 10 listas se crearon **8 grupos o pruebas** con tasas de acierto similares, por lo tanto dichos grupos o pruebas pueden pasarse de manera indistinta. Cada prueba consta de tres listas con seis frases cada una, dentro de las cuales aparecen cuatro palabras clave que deben ser repetidas. La dificultad de las tres listas que componen cada prueba varía ligeramente, pero el resultado final es estadísticamente igual para todas las pruebas.

Las frases fueron editadas utilizando el mencionado patrón de enmascaramiento de tipo adaptativo con el ruido multihablante en seis variantes de relación señal/ruido: 30, 15, 10, 5, 0 y -5 dB. La composición y el tiempo estimado total de cada prueba se de-

talla en la tabla 2.

Las 8 pruebas se encuentran grabadas en un CD en 8 pistas diferentes, pudiendo el evaluador seleccionar cualquiera de ellas de manera indistinta. Al inicio de cada prueba se encuentra un tono puro de 1000 Hz para su calibración.

En la hoja de respuestas para cada prueba se encuentran las tres listas con sus respectivas frases. Las palabras clave, en negrita, serán las únicas cuya identificación se valorará con un punto (en el espacio destinado a

GRABACIONES				Minutos
GRUPO 1	N1	N9	L5	3.12
GRUPO 2	N8	N6	L2	3.12
GRUPO 3	N2	N7	L8	3.16
GRUPO 4	N4	L10	N3	3.12
GRUPO 5	L9	N8	L6	3.12
GRUPO 6	N10	L7	L4	3.10
GRUPO 7	N7	L3	N8	3.16
GRUPO 8	N8	N4	L1	3.16

**Tabla 2.** Distribución de las listas Normales y Lombard en cada prueba y duración de las mismas.

tal fin situado debajo de cada palabra).

Las tasas de acierto de cada lista según la relación señal/ruido se vuelcan en una gráfica con la curva de respuesta de referencia (normooyente) en cuyo eje horizontal se representa la relación señal ruido y en el eje vertical el número de aciertos (de 0 a 4). Se puede ver un ejemplo de las curvas de respuesta de las pruebas 1 y 2 en la figura 2.

## CONCLUSIÓN

El habla es una señal muy compleja, no solo desde un punto de vista físico, sino también, y muy especialmente, desde un punto de vista cognitivo. Debido a la redundancia del sistema lingüístico y perceptivo existe una tolerancia a la pérdida de información en presencia de ruido, especialmente cuando el ruido es estable. Sin embargo cuando el ruido proviene de una fuente sonora semejante a la de la señal, en nuestro caso el habla, son necesarias estrategias más complejas, que conciernen a la identificación de claves perceptivamente relevantes para identificar unidades lingüísticas. Las decisiones sobre cómo evaluar el habla en ruido deben tomarse con las máximas cautelas, especialmente en el ámbito clínico o rehabilitador. Por lo tanto es importante contar con una prueba que reproduzca, en la mayor medida posible, las condiciones naturales en las que se desarrolla nuestra actividad comunicativa diaria.

El material verbal utilizado en esta prueba se ajusta al nivel de desarrollo del lenguaje y características cognitivas, en cuanto a capacidad de identificación y evocación, de la población objetivo. El ruido multihablante desarrollado para este proyecto cumple con el patrón de respuesta esperado, obteniendo un 100% de reconocimiento en las primeras frases (con amplias relaciones señal/ruido) y un 0% en la última (donde el ruido es 10 dB más intenso que la señal), produciéndose un

descenso de 100% a 0% en menos de 20 dB.

Las listas Lombard son más perceptibles, más resistentes al ruido que las listas locutadas en silencio, a pesar de que no tienen mayor intensidad física.

La aplicación de la prueba cumple con los objetivos de practicidad y sencillez, ya que las pistas con el material verbal con ruido adaptativo y las hojas de puntuación con las curvas de respuesta de referencia se encuentran en un CD. Su utilización a través de los altavoces de campo libre permite la valoración en niños con pérdida auditiva con sus prótesis.

La posibilidad de contar con curvas de referencia de los niveles de percepción del habla en ruido en población infantil normooyente nos permitirá valorar esta misma habilidad en niños con pérdida auditiva. Al momento de la edición de este manuscrito nos encontramos realizando un estudio multicéntrico de validación de las Frases PIP-UNED en niños con pérdida auditiva.

## Agradecimientos

Los autores quieren agradecer la colaboración de las siguientes personas en los distintos pasos de la elaboración de este proyecto: Marcelo Rodríguez y Nuria Polo de la UNED; Helena Alves del Consejo Superior de Investigaciones Científicas; Clara Hernández del Colegio Tres Olivos; Silvia Marro del CREDA Jordi Perelló; Rafaela Verdú del Centro Audiológico Sensori y a todos los niños que han participado y a sus familias.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Lewis, D.; Hoover, B.; Choi, S. and Stelmachowicz, P. (2010). The Relationship Between Speech Perception in Noise and Phonological Awareness Skills for Children with Normal Hearing.

Hear, 31(6), 761–768.

**2. Calvo, J.C.; Maggio De Maggi, M. y Zenker, F.** (2009). *Sistemas de Frecuencia Modulada en el Aula. Guía para Educadores* (2da ed.). Alicante: Graphic-print S.L.

**3. Durá, A.; Vera, J y Yebra, M.** (2002). *Análisis y valoración de los factores que intervienen en la acústica de las salas de uso docente en relación con la problemática particular de la población con discapacidad auditiva de diferentes grados.* Alicante: Departamento de Física, Ingeniería de Sistemas y Teoría de la Señal. Universidad de Alicante (inédito).

**4. Huarte, A.** (2008) The Castilian Spanish Hearing in Noise Test. *International Journal of Audiology*, 47(6), 369-370.

**5. Hochmuth, S.; Brand, T.; Zokoll, M.; Zenker, F.; Wardenga, N. and Kollmejer, B.** (2012). A Spanish matrix sentence test for assessing speech reception thresholds in noise. *International Journal of Audiology*, 51(7), 536-544.

**6. Killion, M.C.; Niquette, P.A.; Gudmundsen, G.I.; Revit, L.J. and Banerjee, S.** (2004). Development of a quick speech-in-noise test for measuring signal-to-noise ratio loss in normal-hearing and hearing-impaired listeners. *J Acoust Soc A*, 116(4), 2395-2405.

**7. Justicia, F.** (1995): *El Desarrollo del vocabulario. Diccionario de Frecuencias.* Granada: Universidad de Granada.

**8. Lombard, É.** (1911). “Le signe de l’élévation de la voix”. *Annales des Ma-*

*ladies de L’Oreille et du Larynx*, XXXVII (2), 101-9.

**9. Patel, R. and Schell, K.** (2008). The Influence of Linguistic Content on the Lombard Effect. *Journal of Speech Language and Hearing Research*, 51, 209-220.