

PREMIO DE INVESTIGACIÓN EN DEFICIENCIAS AUDITIVAS FIAPAS 2013

Área de Accesibilidad

*Supresión de barreras de comunicación
en las aulas escolares mediante
sistemas de frecuencia modulada*



Por Franz Zenker, en representación de la Fundación Canaria Dr. Barajas
para la Prevención e Investigación de la Sordera

RESUMEN

Las capacidades auditivas de los alumnos y las condiciones acústicas del aula determinan la accesibilidad a la comunicación oral en entornos de aprendizaje auditivo-verbal. Una acústica óptima para el alumnado normoyente puede ser insuficiente para los alumnos con discapacidad auditiva. En este estudio se analiza la idoneidad acústica de 23 aulas ordinarias de inclusión de alumnos con discapacidad auditiva, usuarios de prótesis auditivas o implante coclear. A partir de medidas de ruido de fondo, reverberación y dimensiones del aula, se llevó a cabo una simulación por ordenador de la capacidad de reconocimiento del habla de los alumnos normoyentes y con discapacidad auditiva. Se estudió el beneficio del uso de sistemas de Frecuencia Modulada como ayuda técnica en la supresión de las barreras de comunicación oral. Los alumnos con discapacidad auditiva seleccionados participaron en una prueba de reconocimiento del habla, en silencio y con ruido de fondo para listas de palabras de alta y baja frecuencia léxica, con y sin el sistema de Frecuencia Modulada. Los resultados mostraron que el total de las aulas estudiadas reunían condiciones acústicas adecuadas para los alumnos normoyentes pero no para los alumnos con discapacidad auditiva. La instalación de los sistemas de Frecuencia Modulada facilitó significativamente el reconocimiento del habla especialmente para las palabras de frecuencia léxica baja, en presencia de ruido de fondo. Este estudio pone de manifiesto que la introducción de sistema de frecuencias moduladas en aulas con alumnos con discapacidad auditiva constituye un procedimiento eficaz para reducir las barreras de comunicación.

Abreviaturas:

RF: Ruido de Fondo

RSR: Relación Señal Ruido

TR₆₀: Tiempo de Reverberación

PA: Prótesis Auditiva (audífono)

IC: Implante Coclear

FM: Sistema de Frecuencia Modulada

INTRODUCCIÓN

Gran parte de la actividad docente en el aula se apoya en la expresión oral por lo que la acústica del aula ha de ser óptima en orden a facilitar el aprendizaje (1, 2). Condiciones acústicas aceptables para alumnos normoyentes pueden ser inapropiadas para alumnos con discapacidad auditiva (3). Diversos factores tanto acústicos como lingüísticos determinan la plena accesibilidad al lenguaje verbal (4). En primer lugar, las condiciones acústicas del recinto pueden degradar el habla del profesor u otros hablantes (5). En segundo lugar, una distancia inapropiada entre el oyente y el profesor puede determinar una intensidad insuficiente para percibir el mensaje hablado de forma ininteligible (6). Tercero, el Ruido de Fondo (RF) que se origina en el exterior o en el interior del aula puede disminuir significativamente la Relación Señal - Ruido (RSR) disminuyendo la inteligibilidad (7). Cuarto, una reverberación excesiva puede ejercer un efecto enmascarador no deseado sobre el mensaje oral (8). Por último, las palabras que escuchan en clase los alumnos son en gran parte nuevas o poco familiares, la comprensión en la comunicación oral depende en primer lugar del léxico empleado por el profesor (9).

Los Implantes Cocleares (IC) y las Prótesis Auditivas (PA) son los procedimientos de corrección indicados en las hipoacusias de origen neurosensorial y en algunas pérdidas conductivas o mixtas. Las limitaciones en la tecnología de los micrófonos y algoritmos de cancelación de ruido de algunas de las PA y de la mayoría de los IC explican que en condiciones acústicas adversas no sean capaces de segregar el habla del RF de forma eficiente (10, 11). Varios estudios ponen de manifiesto cómo en condiciones acústicas inapropiadas las necesidades de RSR de los alumnos con IC o PA son de 20 dB frente a los 6 dB requeridos por los normoyentes (12, 13).

En los últimos años se han propuesto mejoras tecnológicas que permiten superar estas limitaciones (14, 15). Entre estos avances destacan el uso de sistemas de Frecuencia Modulada (FM) incorporados

al IC o a las PA. Una FM (Figura 1) está compuesta por varios elementos. En primer lugar, la emisora (EX) utilizada por el profesor, que registra a través del micrófono (MIC) y emite por ondas de radio frecuencia la señal acústica. En segundo lugar, el receptor (RX), acoplado a la PA o IC, que finalmente capta la señal a través de la antena y provee la señal de audio a la entrada del sistema de corrección auditiva del alumno.

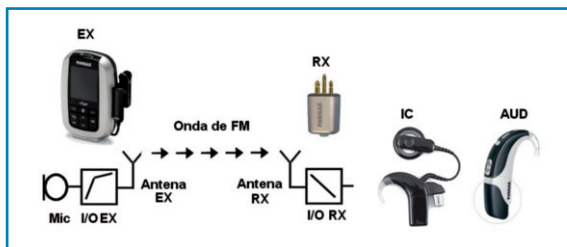


Figura 1: Representación esquemática del funcionamiento de un sistema de FM adaptado a un IC o a una PA.

La eficacia de estos sistemas ha sido demostrada en varios estudios. Boothroyd e Iglehart (16) evaluaron la capacidad de reconocimiento del habla en ruido en alumnos con hipoacusias severas a profundas corregidas mediante PA. Encontraron una mejora en el reconocimiento del habla al usar las FM del 25% respecto a las puntuaciones obtenidas cuando usaban únicamente sus PA. Hawkin (17) evaluó la capacidad de reconocimiento del habla en niños hipoacúsicos en presencia de RF con una RSR de +6 y +15 dB. El uso de las FM mejoró las puntuaciones en un 12% y 8% para ambas condiciones de RSR. Pittman et col. (18) cuantificaron la capacidad de reconocimiento del habla en 8 niños con audición normal y 11 hipoacúsicos usuarios de FM con una mejoría en la discriminación del 7% y 23% respectivamente. Davies et col. (19) emplearon el Test de Habla en Ruido HINT para evaluar la capacidad de reconocimiento de 14 niños con IC y FM (a 0 dB y -3 dB de RSR). El porcentaje de reconocimiento del habla mejoró significativamente cuando usaban la FM. Hallaron una interacción significativa entre el reconocimiento del habla y el tiempo de uso de estas ayudas técnicas indicando un posible efecto de aprendizaje.

Las aulas estudiadas reunían condiciones acústicas adecuadas para los alumnos normoyentes pero no para los alumnos sordos

El objeto de la presente investigación fue doble. Primero, establecer la accesibilidad en la comunicación de una selección de aulas de inclusión de niños con discapacidad auditiva. Para ellos se analizó la acústica de las aulas de alumnos con PA o IC. Segundo, analizar la eficacia de las FM en la supresión de barreras de las aulas estudiadas. Para ello se estudió la capacidad de reconocimiento del habla en el aula con y sin RF y con y sin la FM para palabras de diferente frecuencia léxica.

MÉTODO

Sujetos

Participaron 23 alumnos con deficiencia auditiva de diferentes colegios de enseñanzas primarias. Las edades estuvieron comprendidas entre los 8 y los 16 años. Como criterio de inclusión en el estudio se estableció una Máxima Discriminación Verbal (20) en campo libre con PA o IC superior al 80%. De estos 23 alumnos hipoacúsicos se seleccionaron finalmente 15 (8 niñas y 7 niños). De estos 15 alumnos, 7 tenían IC unilateral y 9 tenían PA, 2 eran adaptaciones unilaterales y 7 bilaterales. En la Tabla I se observan las características de los sistemas de corrección auditiva, modalidad, estrategia y puntuación obtenida en la prueba de discriminación verbal. En la misma tabla se observan las características demográficas de los participantes finalmente seleccionados en este estudio y las aulas a las que pertenecía cada alumno según el Anexo I.

Alumno	Sexo	Edad	Aula	Etiología	Tipo de IC/PA	Modo	Estrategia	MD
1	M	10	8	Desconocida	N22/Freedom	Unilateral	ADRO	85%
2	M	16	3	Hereditaria	N22/Sprint	Unilateral	SPEAK	90%
3	M	09	10	Rubeola	Oticon Chili SP5	Bilateral	NAL-RP	93%
4	V	08	13	Desconocida	Phonak Supero 411	Bilateral	DSL 4.1	97%
5	V	13	1	Hereditaria	Phonak NIOS H20	Bilateral	DSL v5	90%
6	M	12	15	Desconocida	N24/Freedom	Unilateral	ADRO	97%
7	V	14	9	Hereditaria	Oticon Chili SP7	Bilateral	DSL v5a	100%
8	V	10	2	Desconocida	Cochlear Freedom	Unilateral	SPEAK	85%
9	M	11	14	Desconocida	Phonak Naida V	Unilateral	DSL v5a	82%
10	M	12	5	Citomegalovirus	N24/Freedom	Unilateral	BEAM	83%
11	V	15	6	Ototóxicos	Phonak Naida III SP	Bilateral	DSL v5a	96%
12	V	16	11	Desconocida	Phonak Naida I UP	Bilateral	DSL v5a	95%
13	V	11	4	Hereditaria	Phonak NIOS H20	Bilateral	DSL v5a	100%
14	M	15	12	Hereditaria	N22/Sprint	Unilateral	SPEAK	82%
15	M	16	7	Ototóxicos	N22/Sprint	Unilateral	SPEAK	80%

Nota: N = Nucleus / MD = Máxima Discriminación Verbal en campo libre con PA o IC sin RF.

Tabla 1: Características de los participantes con PA e IC participantes en este estudio.

Sistemas de FM

Los 15 niños recibieron los sistemas de FM a través del Equipo Específico de Discapacidad Auditiva del Gobierno de Canarias. Los equipos fueron 15 receptores MicroMlx y 15 emisoras Phonak Campus SX. Los alumnos con PA dispusieron de un zócalo individual para conectar la PA al receptor. Los alumnos con IC y procesador Sprint conectaron el receptor a través del conector Microlink Cls. Los alumnos con el IC Freedom requirieron de un cable específico de conexión entre la petaca y el procesador. En el ANEXO II pueden observarse las distintas configuraciones de conexión de los receptores en función de la corrección auditiva de los alumnos participantes en este estudio.

Material y procedimiento

Este estudio se dividió en dos fases. En la primera fase se procedió a visitar las aulas seleccionadas en orden a obtener las medidas acústicas de cada una de ellas. En una segunda fase, tras la instalación de las FM, se procedió a la verificación de esta ayuda técnica mediante medidas de inteligibilidad del habla en las aulas de los alumnos.

Análisis Acústico de las Aulas: Se obtuvieron medidas in situ del TR_{60} , RF y dimensiones de altura, ancho y largo de cada una de las aulas. El TR_{60} y RF fueron registrados con la plataforma de análisis acústico (DSSF3 de Yoshimasa Electronic Inc) a través de un micrófono de condensación para medidas acústicas (Behringer ECM8000) preamplificado a través de una tarjeta de audio externa (M-Audio MobilePre). El TR_{60} se obtuvo tras la grabación digital de un impulso acústico con un ratio de muestreo de 48 kHz y analizado mediante el procedimiento de Maximum Length Sequence (21). El RF fue analizado mediante la obtención de una muestra de grabación en el aula y analizada posteriormente obteniendo el promedio por bandas de octavas mediante análisis de FFT (22).

Se aplicó el modelo matemático de acústica de salas y percepción del habla de Boothroyd (23) a través del software de simulación Sound Field Wizard 2.2 (23). A partir de este software se obtuvo el IAH (Índice de Audibilidad del Habla; 23) y se estimaron los porcentajes de reconocimiento lingüístico para las siguientes condiciones:

fonemas en sílabas, palabras familiares en frases sencillas y palabras noveles en frases complejas para los siguientes grupos de sujetos: alumnos normooyentes y alumnos con discapacidad auditiva.

Las medidas acústicas fueron obtenidas durante un periodo de un mes y tres semanas en las que se visitaron las 15 aulas seleccionadas. Posteriormente se llevó a cabo la simulación por ordenador para determinar la accesibilidad al lenguaje hablado por parte de los alumnos normooyentes e hipoacúsicos.

Análisis del beneficio de los sistemas de FM: El beneficio del uso de las FM se determinó mediante la cuantificación del reconocimiento del habla en las 15 aulas estudiadas. Para el material verbal se elaboraron 16 listas de palabras fonéticamente balanceadas, divididas en 8 listas con palabras de frecuencia léxica alta y 8 de frecuencia léxica baja. Cada lista contaba con un total de 25 palabras. Se pasaron estas listas en cuatro condiciones diferentes, con y sin FM; y con y sin RF.

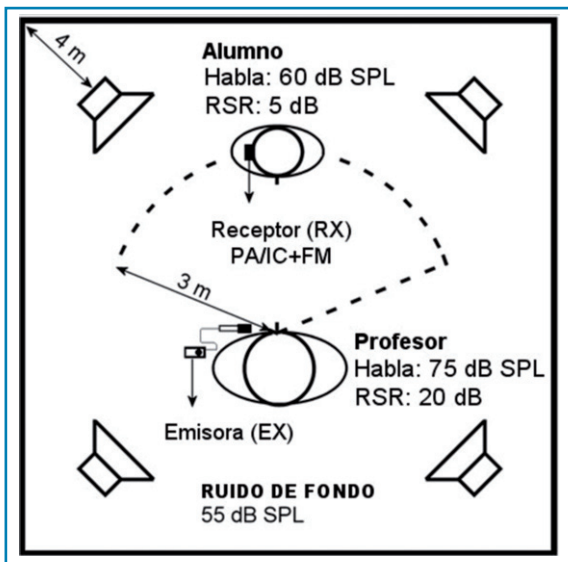


Figura 2: Diagrama de la disposición del alumno y el profesor en el aula durante las pruebas de reconocimiento del habla. Se muestra la disposición de los altavoces, las intensidades de RF y las RSR a nivel del alumno. Se indica la disposición de la Emisora (EX) y el Receptor (RX) de la FM y las distancias de los altavoces y entre el profesor y el alumno.

El pase de pruebas se llevó a cabo citando a cada alumno en un horario en el que fuera factible obtener las medidas sin interrupciones. Tal como se muestra en la Figura 2, se procedió a la colocación de 4 altavoces a la altura del oído del alumno y a 4 metros de la pared. El alumno se situó en su mesa habitual y el profesor se colocó enfrente, a una distancia de 3 metros. La generación del RF se llevó a cabo aplicando un ruido ICRA (24) cuyo espectro reproduce el promedio del espectro de la palabra hablada (4). La intensidad de presentación del ruido fue de 55 dB SPL (A). El profesor llevaba consigo el transmisor de FM (EX) y el alumno el Receptor (RX) conectado al IC o a la PA. A continuación, el profesor leía en alta voz las listas de palabras para cada una de las condiciones experimentales ocultando su boca con las hojas de listas de palabras, en orden a evitar la lectura labial. Con un sonómetro se controló que el esfuerzo vocal se correspondiese con una intensidad aproximada de 75 dB (A). La RSR de la voz del profesor respecto al RF fue de 20 dB.

RESULTADOS

Características Acústicas de las aulas

El promedio del aula estudiada posee una superficie de 60 m², 6 m de ancho, 10 m de largo y 3 m de alto. Tiene un volumen de 180 m³ y un IAH del 52%. En la Figura 3 se observa un plano de la estructura del aula promedio representando la posición del profesor. En la mayoría de las aulas se observó techo compuesto por forjado bidireccional de hormigón armado, formando casetones y revestido de mortero monocapa tipo gotelé. Los suelos son de pavimento de granito con mortero de agame y artesado de hormigón ligero. Las paredes son de bloques de 20 al exterior e interiores con tabicas de 9 con revestimiento de mortero monocapa tipo gotelé. Las ventanas son de cristales sin cámara de aislamiento acústico. En el aula se observa el mobiliario tradicional en este tipo de salas. La superficie amueblada, incluyendo pizarras, cortinas y puertas suele tener una superficie aproximada de 13 m². En el Anexo I se incluye una relación de las aulas estudiadas.

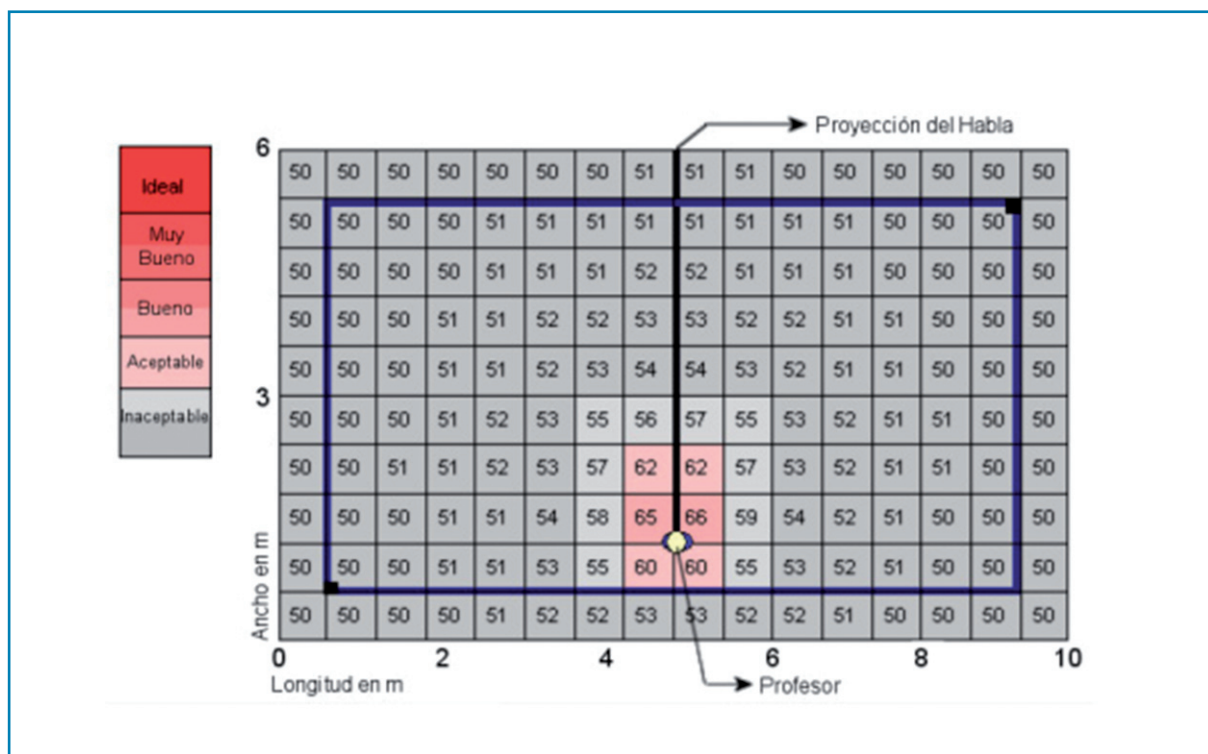


Figura 3: Planta del promedio de las 15 aulas estudiadas. Se representa el valor del IAH en cuadrículas de $0,62 \text{ m}^2$. El círculo representa la posición del profesor en el aula.

En la Tabla II observamos los valores de las características acústicas del promedio de las aulas estudiadas incluyendo los valores de RF y TR_{60} . Las medidas obtenidas del TR_{60} estuvieron en un rango de 0,6 a 1,8 mseg con una media de 1,4 mseg. De las 15

clases estudiadas, 14 excedieron las recomendaciones de máxima reverberación establecido en 0,6 seg por la norma ANSI S12.60 (25). Para el TR_{60} se observa una desviación de un 57% y del 36% para el RF respecto a los valores óptimos recomendados (X).

	Medido	Recomendado	Incumplimiento
Ruido de Fondo (dBA)	55	35	36%
TR_{60} (mseg)	1,4	0,6	57%

Tabla II: Valores de RF y TR_{60} promedios obtenidos en este estudio. Se incluyen los valores recomendados (X) y el porcentaje de incumplimiento.

En la Figura 4 observamos las puntuaciones de reconocimiento del habla estimada para los alumnos normoyentes e hipoacúsicos para las condiciones acústicas del promedio de las 15 aulas estudiadas. Con un IAH del 52% los alumnos normoyentes, son capaces de reconocer un 100% de palabras en frases, un 87% de palabras aisladas y un 78% de fonemas en sílabas para palabras de alta familiaridad. Para las palabras de baja familiaridad se estima una capacidad de reconocimiento del 92% de palabras en frases, un 87% de palabras aisladas y un 72% de fonemas en sílabas. Para las mismas condiciones acústicas, a partir del IAH calculado se estima para los alumnos con discapacidad auditiva

una capacidad de reconocimiento del habla del 87% de palabras en frases, un 58% de palabras aisladas y un 30% de fonemas en sílabas para palabras de alta familiaridad. Para las palabras de baja familiaridad se estima una capacidad de reconocimiento del 34% de palabras en frases, un 58% de palabras aisladas y un 19% de fonemas en sílabas.

Las FM facilitan la accesibilidad al lenguaje oral en situaciones acústicamente pobres

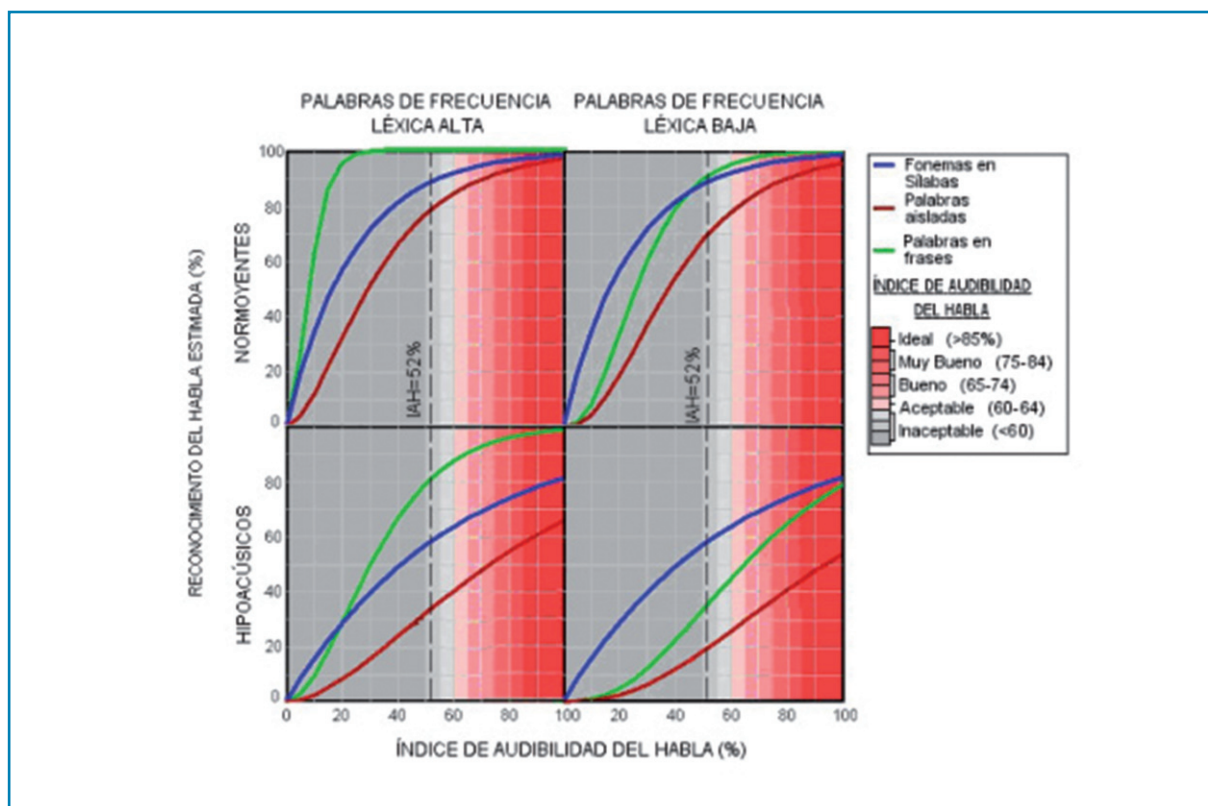


Figura 4: Porcentaje de reconocimiento del habla estimada para los alumnos normoyentes en la fila superior e hipoacúsicos en la fila inferior para palabras de alta familiaridad, columna de la izquierda y de baja familiaridad, columna de la derecha. La línea discontinua indica el IAH calculado para el promedio de las 15 aulas estudiadas que fue de un 52%.

Beneficio del uso de los sistemas de FM

En la Figura 5 se representan los estadísticos descriptivos mediante un gráfico de cajas y bigotes de los porcentajes de identificación correcta de fonemas en función de la frecuencia léxica de las palabras presentadas a los participantes de este estudio. En la parte superior de la figura se observan las medias obtenidas para la condición sin RF y en la parte inferior para la condición con RF. Se representan las medias obtenidas por los sujetos con PA o IC. La columna de la izquierda representa los resultados obtenidos sin la FM y la columna de la derecha con la FM. En general, se observan mejores puntuaciones en los sujetos con PA que en los sujetos con IC. En la condición con FM los sujetos obtienen mejores puntuaciones que en la condición sin FM. Las palabras con frecuencia léxica alta son reconocidas más fácilmente por todos los participantes que las palabras con frecuencia léxica baja.

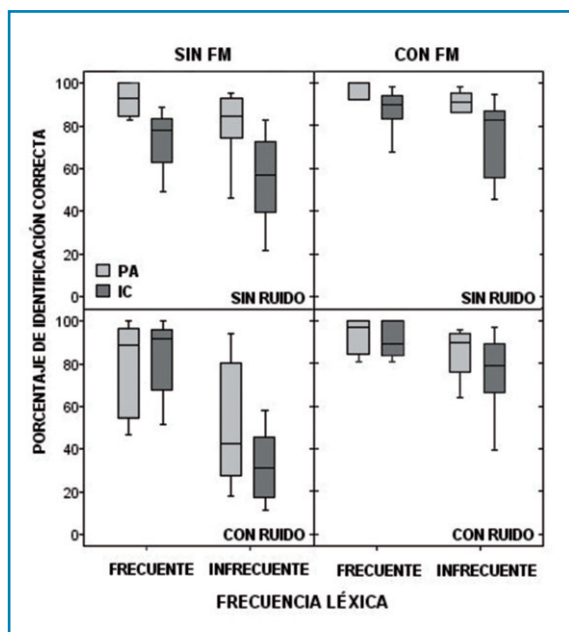


Figura 5: Gráfica de cajas y bigotes de los porcentajes de identificación correcta de fonemas en función de la frecuencia léxica, sistema de corrección auditiva y presencia o ausencia de RF con y sin la FM.

Se llevó a cabo una ANOVA sobre los datos presentados en la Tabla II y en la Figura 5. Se encontraron efectos principales para las cuatro variables estudiadas. Se encontraron diferencias significativas en función del sistema de corrección auditiva ($F[1,15]=6,809$; $p<0.010$). Los sujetos con PA obtuvieron mejores puntuaciones que los sujetos con IC. Se encontró un efecto principal sobre la frecuencia léxica ($F[1,15]=28,740$; $p<0.0001$) indicando que, en general, se reconocieron más fácilmente las palabras de alta familiaridad que las palabras de baja familiaridad. Se encontraron diferencias significativas en función de la presencia o ausencia de RF ($F[1,15]=6,707$; $p<0.011$). Los participantes tuvieron mayores dificultades en la identificación correcta de los fonemas cuando las palabras fueron presentadas en presencia de RF.

La ANOVA llevada a cabo sobre los datos mostró una interacción significativa entre las variables RF y FM ($F[1,15]=5,899$; $p<0.017$). Los participantes obtuvieron mejores puntuaciones en el reconocimiento de fonemas en presencia de RF al usar las FM. Se encontró una interacción significativa entre la frecuencia léxica y FM ($F[1,15]=6,532$; $p<0.012$). El uso de la FM favoreció la percepción de las palabras con frecuencia léxica alta. (Tabla III)

***Es conveniente
que los clínicos
informen sobre
el beneficio de las FM
a las familias desde
el primer momento
de la adaptación protésica
o la indicación del IC***

		CON RUIDO DE FONDO				SIN RUIDO DE FONDO			
		CON FM		SIN FM		CON FM		SIN FM	
		PA	IC	PA	IC	PA	IC	PA	IC
FREC. LÉXICA	X	94,06	87,35	84,70	95,29	93,64	87,25	90,14	81,28
ALTA	SD	(29,67)	(15,81)	(33,01)	(14,96)	(7,19)	(10,76)	(13,44)	(11,35)
FREC. LÉXICA	X	83,80	75,28	41,79	32,97	82,48	74,83	79,03	64,19
BAJA	SD	(11,87)	(20,36)	(30,26)	(14,30)	(15,33)	(20,01)	(21,29)	(18,36)

Tabla III: Medias y Desviaciones Típicas de los porcentajes de fonemas identificados correctamente en función de la frecuencia léxica para la condición con y sin ruido y con y sin la FM en función del sistema de corrección auditivo.

DISCUSIÓN

La inclusión de alumnos con sistemas de corrección auditiva en un aula ordinaria exige que las condiciones acústicas sean óptimas en orden a garantizar la accesibilidad a la información verbal. En el presente estudio se encontró un promedio del RF de 55 dB para las 15 aulas estudiadas, algo mas alta que la que establece Duran et col. (26) en una revisión de la acústicas de las aulas de diferentes comunidades españolas, en las que encontraron un promedio del RF de 42 dB. Teniendo en cuenta que los valores recomendados por la ASHA (27) como óptimos para la inclusión de alumnos con discapacidad auditiva está establecido en 35 dB, nos encontramos que tanto las aulas analizadas en este estudio, como las descritas por Duran et col. poseen unos niveles de RF por encima del valor recomendado. El promedio del TR_{60} de las aulas estudiadas por Duran et col. y la presente investigación fue de 1,4 mseg. Ambos estudios están por encima de los 0,6 mseg recomendados para la inclusión de alumnos con discapacidad auditiva.

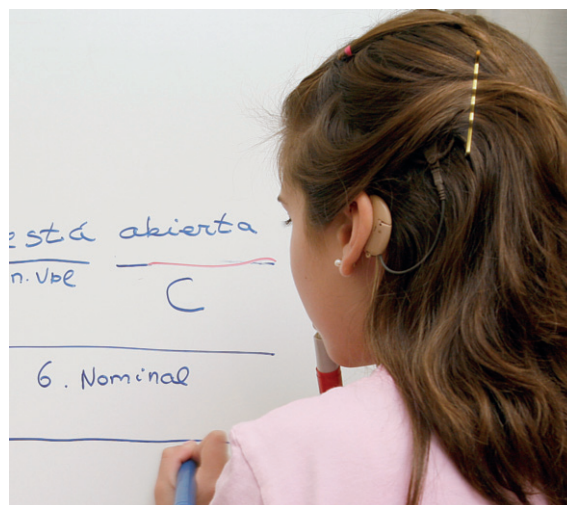


El rendimiento auditivo de un alumno con audífono o implante coclear no es equivalente al de un alumno normoyente

El RF y el TR₆₀ son valores determinantes en el cálculo del Índice IAH. El valor promedio hallado en este estudio es de un 52%. Este valor es inapropiado de acuerdo con los baremos establecidos por el modelo Boothroyd (23) para la inclusión de alumnos con hipoacusia en el aula. Las simulaciones llevadas a cabo a partir de este índice han mostrado cómo los sujetos normoyentes no tienen dificultades para acceder incluso a palabras aisladas de baja familiaridad, alcanzando valores de inteligibilidad próximos al 70%. Sin embargo, este valor del IAH resulta inaceptable para los alumnos con discapacidad auditiva. Las estimaciones para los alumnos con PA o IC alcanzan valores que no llegan al 20% en las mismas condiciones acústicas y lingüísticas donde los alumnos normoyentes alcanzan un 70%.

Las FM facilitan la accesibilidad al lenguaje oral en situaciones acústicamente pobres, como las aulas analizadas en este estudio, sin necesidad de modificaciones estructurales u obras al ser equipos portátiles. El RF ejerce un efecto adverso sobre las puntuaciones obtenidas por los alumnos con discapacidad auditiva especialmente cuando se usan las PA o el IC sin la FM. En este estudio se observó claramente el efecto beneficioso de esta ayuda técnica al analizar las puntuaciones del reconocimiento del habla en presencia de RF. En general, se obtuvo un promedio en el beneficio de la FM de un 42% para ambos grupos de alumnos en

la condición de mayor dificultad (con y sin la FM en RF y palabras de frecuencia léxica baja). Este valor es superior al establecido por Boothroyd e Iglehert (16) y Pittman et col. (18) ya que en estos estudios los autores emplearon palabras de mayor familiaridad.



En los ambientes educativos, parte del vocabulario que se introduce es nuevo para el alumno. En este estudio se controló la dificultad lingüística en la comunicación oral a través de la frecuencia léxica de las palabras presentadas. El reconocimiento de palabras tiene más dificultad con palabras poco familiares. Esta tarea fue más complicada en la medida que las palabras eran poco familiares para los usuarios de PA o IC. Especialmente difícil fue la condición de reconocimiento de palabras de frecuencia léxica baja en presencia de RF. En esta condición, de nuevo el uso de las FM, mostró ser claramente beneficioso para la accesibilidad en la comunicación del alumno.

CONCLUSIONES

Este estudio nos permite llegar a las siguientes conclusiones:

1. Las condiciones acústicas de las aulas estudiadas son aceptables para los alumnos normoyentes pero no son las idóneas para la inclusión de alumnos con discapacidad auditiva.
2. Un valor de RF y TR_{60} superior al recomendado genera una barrera en la comunicación para los alumnos con discapacidad auditiva a los que les dificulta de forma significativa el acceso a la información verbal.
3. Las condiciones acústicas del aula, la dificultad del lenguaje verbal y la presencia de una pérdida auditiva interactúan determinando el acceso a la comunicación de los alumnos con discapacidad auditiva.
4. El uso de las FM facilita el acceso a la información verbal en presencia de RF especialmente el de las palabras de frecuencia léxica baja en los alumnos con IC y PA.
5. La utilización de las FM permite a los usuarios de IC y PA la supresión de las barreras de la comunicación en aulas con una acústica inapropiada.

Este estudio establece que los alumnos con PA o IC, dada las limitaciones de estos sistemas de corrección auditiva, siguen teniendo problemas de accesibilidad en la comunicación oral en el aula ordinaria. Es conveniente, dada la evidencia científica acumulada en este y otros estudios, que los clínicos informen sobre el beneficio de las FM a las familias desde el primer momento de la adaptación protésica o la indicación del IC. Los educadores deben de ser conscientes que el rendimiento auditivo de un alumno con PA o IC no es equivalente al de un alumno normoyente. Los responsables de los centros escolares deben identificar y suprimir las posibles barreras de comunicación dentro de las aulas de inclusión que limiten la integración de los alumnos con discapacidad auditiva.

ANEXO I

AULA 1



AULA 2



AULA 3



AULA 4



AULA 5



AULA 6



AULA 7



AULA 8



AULA 9



AULA 10



AULA 11



AULA 12



AULA 13



AULA 14



AULA 15



ANEXO II

CONEXIÓN DE RECEPTORES SEGÚN SISTEMA DE CORRECCIÓN AUDITIVO

Parte externa del implante coclear



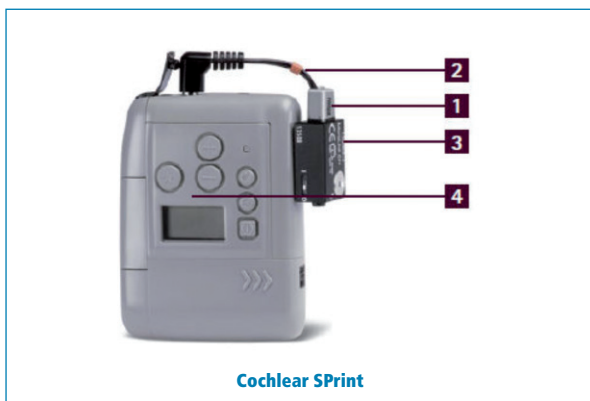
1 Procesador Freedom

2 Receptor FM MicroMlx S

3 Petaca controlador

4 Cable

Procesador de implante coclear



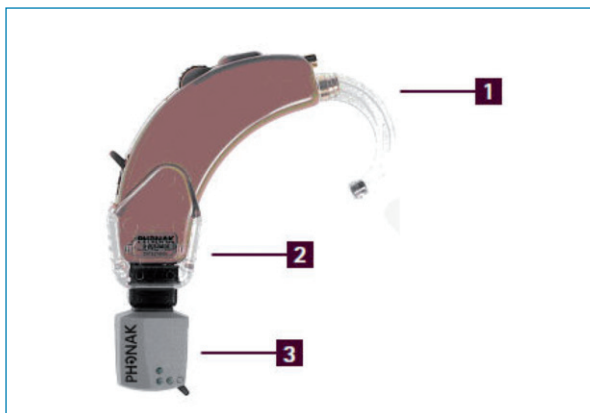
1 Receptor FM MicroMlx S

2 Cable connexion

3 MicroLink CI S

4 Procesador Sprint

Prótesis Auditiva: Audífono



1 1. Prótesis Auditiva: Audífono

2 2. Zócalo específico

3 3. Receptor FM MicroMlx S

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Maggi, M. M. De, & Prieto, J. C. C. (2005). Utilización de los sistemas de FM en el contexto escolar. *Revista de Logopedia, Foniatría y Audiología*, 25(2), 84-94.
2. Mora Espino, R., Zenker Castro, F., Rodríguez Jiménez, M. C., Mesa Suárez, J. L., Coello Marrero, A., & Barajas de Prat, J. J. (2007). Perception from the acoustic conditions of unoccupied classrooms. 8th EFAS Congress / 10th Congress of the German Society of Audiology (pp. 1-2).
3. Crandell, C., & Smaldino, J. (2000). Room acoustics for listeners with normal hearing and hearing impairment. In M. Valente, R. Roeser, & H. Hosford-Dunn (Eds.), *Audiology treatment* (pp. 601 – 637). New York: Thieme Medical.
4. French, N., & Steinberg, J. (1947). Factors governing the intelligibility of speech sounds. *Journal of the Acoustical Society of America*, 19, 90 – 119.
5. Zenker, F, Delgado Hernández, J. y Barajas, J.J. (2003). Características acústicas y aplicaciones audiológicas del promedio del espectro del habla a largo plazo. *Revista de Logopedia, Foniatría y Audiología*, Vol. 23, No. 2, 13-20.
6. Crum, D. (1974). The effects of noise, reverberation, and speaker-to-listener distance on speech understanding. Unpublished doctoral dissertation, Northwestern University, Evanston, IL.
7. Dockrell, J., Shield, B. y Rigby, K. (2004). Acoustic guidelines and teacher strategies for optimizing learning conditions in classroom for children with hearing problems. ACCESS: Achieving Clear Communication Employing Sound Solutions. R.C. Seewald and J. S. Gravel, ed., Phonak AG; Stafa, Switzerland 217-226.
8. Siebein, G., Crandell, C., & Gold, M. (1997). Principles of classroom acoustics: Reverberation. *Educational Audiology Monographs*, 5, 32 – 43.
9. Zenker Castro, F., Mora Espino, R., Rodríguez Jiménez, M. C., Mesa Suárez, J. L., Coello Marrero, A., Suárez Rodríguez, M., & Barajas de Prat, J. J. (2007). A verification protocol of FM Systems for children with cochlear implant. 8th EFAS Congress/ 10th Congress of the German Society of Audiology, 1-3.
10. Wouters J. Vanden Berghe J. (2001) Speech recognition in noise for cochlear implantees with a two-microphone monaural adaptive noise reduction system. *Ear Hear.* 22(5):420-30.
11. Mora Espino, R., Zenker Castro, F., Jiménez Rodríguez, M. del C., Mesa Suárez, J. L., & Coello Marrero, A. (2006). Los sistemas de Frecuencia Modulada en alumnos con implante coclear. *Auditio: Revista Electrónica de Audiología*, 3(6), 2-6.
12. Finitzo-Hieber, T. and Tillman, TW. (1978). Room acoustics effects on monosyllabic word discrimination ability for normal and hearing-impaired children. *J Speech Hear Res. Sep*; 21(3):440-58.
13. Dorman MF. Loizou PC. Fitzke J. The identification of speech in noise by cochlear implant patients and normal-hearing listeners using 6-channel signal processors. *Ear Hear.* 1998 Dec;19(6):481-4.
14. American Speech-Language-Hearing Association. (2002). *Guidelines for fitting and monitoring FM systems*. Rockville, MD.

15. Calvo Prieto, J. C., Maggio de Maggi, M., y Zenker Castro, F. (2009). *Sistemas de Frecuencia Modulada en el Aula. Guía para Educadores.* (Programa Infantil Phonak, Ed.). Alicante: Phonak.
16. Boothroyd, A. and Iglehart, F. (1998). Experiments with classroom FM amplification. *Ear and Hearing*. 19: 202-217.
17. Hawkins, D. (1984). Comparisons of Speech Recognition in Noise by Mildly-to Moderately Hearing-Impaired Children using Hearing Aids and FM Systems. *Journal of Speech and Hearing Disorders*, 49, 409-418.
18. Pittman A.L., Lewis, D.E., Hoover, B.M., Stelmachowicz, P.G. (1999). Recognition performance for four combinations of FM system and hearing aid microphone signals in adverse listening conditions. *Ear & Hearing* 20: 279-289.
19. Davies, M. G., Yellon, L., & Purdy, S. C. (2001). Speech-innoise perception of children using cochlear implants and FM systems. *Australian and New Zealand Journal of Audiology*, 23, 52-62.
20. de Cárdenas, M. R., & Marrero Aguiar, V. (2005). AUDIOMETRÍA VERBAL. In E. Salesa Batlle, E. Perelló Scherdel, A. Bonavida Estupiñá (Eds.), *Tratado de Audiología* (pp. 127–147). Masson, S.A
21. Rife Douglas D. and John Vanderkooy (1996). Transfer-Function Measurement with Maximum-Length Sequences. *J. Audio Eng. Soc.* vol. 37 6/89 p. 419 9.
22. Papoulis, A. (1978). *Sistemas digitales y analógicos, transformadas de Fourier, estimación espectral.* Marcombo.
23. Boothroyd, A. (2004). Room acoustics and speech reception: a model and some implications. Fabry, D., and DeConde Johnson, C. (Eds.). *ACCESS: Achieving Clear Communication Employing Sound Solutions - 2003.* Chapter 22, pp207-215. Phonak.
24. Dreschler, W. A., Verschuure, H., Ludvigsen, C., & Westermann, S. (2001). ICRA noises: artificial noise signals with speech-like spectral and temporal properties for hearing instrument assessment. *International Collegium for Rehabilitative Audiology. Audiology: official organ of the International Society of Audiology*, 40(3), 148–57.
25. American National Standards Institute (2002). *Acoustical performance criteria, design requirements and guidelines for schools.* ANSI S12.60.
26. Durá Doménech, A., Vera Guarinos, J., & Yebra Calleja, M. (2002). Análisis y valoración de los factores que intervienen en la acústica de salas de uso docente en relación con la problemática particular de la población con discapacidades auditivas en diferentes grados. Alicante: Phonak.
27. American Speech-Language-Hearing Association. (2005). *Acoustics in educational settings: position statement* [Position Statement]. Available from www.asha.org/policy.



FIAPAS

CONFEDERACIÓN
ESPAÑOLA
DE FAMILIAS
DE PERSONAS SORDAS