

M. Maggio De Maggi¹
J. C. Calvo Prieto²

Utilización de los sistemas de FM en el contexto escolar

¹Licenciada en Fonoaudiología
²Audioprotesista
Programa Infantil Phonak (PIP). España

El aula escolar presenta tres características que dificultan la percepción de la señal acústica: el ruido de fondo, la reverberación y la distancia entre el emisor y el receptor. Los niños con audición normal necesitan una relación señal-ruido más favorable para obtener los mismos niveles de percepción de la palabra que los adultos. Los niños con deficiencias auditivas se encuentran aún con mayores desventajas. Los sistemas de frecuencia modulada (FM) se presentan como la mejor solución para mejorar la relación señal-ruido, sin embargo su utilización en el ámbito escolar por parte de los niños usuarios de audífonos y/o implantes cocleares no está lo suficientemente extendida. Este artículo pretende hacer una revisión de las condiciones acústicas necesarias para favorecer el aprendizaje a través de la vía auditiva así como realizar una introducción a la tecnología de los actuales sistemas de FM y sus beneficios.

Palabras clave: Sistemas de FM, ayudas técnicas auditivas, acústica del aula, necesidades de los niños sordos

FM systems utilization in educational settings

Classrooms have three characteristics that make perception of the acoustic signal a difficult issue: background noise, reverberation and distance between speaker and listener. Normal hearing children need a more favorable signal to noise ratio in order to achieve same levels of speech perception than adults. Hearing impaired children still experience greater disadvantages. FM systems

are the best solution to improve the signal to noise ratio, in spite of this, their use in educational settings by children with hearing aids and cochlear implants is not enough extended. This article means to do a revision of the acoustic conditions needed to learning through the auditory channel as well as an introduction to the present technology of FM systems and their benefits.

Key words: FM systems, assistive listening devices, classroom acoustics, hearing impaired children's needs

Introducción

Durante estos últimos años hemos asistido a numerosos avances en las tecnologías de comunicación hasta hace poco inimaginables (tratamiento digital de sonido e imagen, comunicación inalámbrica, miniaturización, etc.). Hoy en día el uso cotidiano de esta tecnología se vive como una necesidad. Sin embargo, a pesar de la disponibilidad de estos avances tecnológicos aplicados en los dispositivos de ayuda auditiva para niños sordos e hipoacúsicos, el uso de los mismos sigue siendo muy limitado en el territorio español. Dicha restricción puede deberse en gran medida al desconocimiento por parte de la comunidad profesional acerca de las ventajas de estos sistemas, así como también a los prejuicios creados por problemas en la utilización de los mismos en el pasado. El presente artículo pretende hacer una revisión sobre la necesidad en los niños usuarios de audífono y/o implante coclear de la utilización de sistemas personales de FM en el ámbito escolar así como hacer una breve descripción de sus características y ventajas.

Correspondencia:
J. Carlos Calvo Prieto
C/Abat Marcet, 41 bajos, 2
08190 San Cugat de Vallés (Barcelona)
Correo electrónico: pip@phonak.es

Condiciones del ambiente educativo

Entre las actuaciones destinadas a satisfacer las necesidades educativas especiales (nee) de los niños con deficiencias auditivas en el aula ordinaria se ha tenido en cuenta la adaptación de sistemas de compensación auditiva (audífonos y/o implante coclear), la realización de las modificaciones pertinentes en el ámbito pedagógico, la ubicación preferente del alumno afectado y, en algunos casos, la reducción del ruido de fondo. Sin embargo, el análisis acústico de las aulas revela que en su mayoría están muy lejos de alcanzar los parámetros óptimos e idóneos para la transmisión de la información en forma oral y que estas últimas medidas resultan insuficientes.

Las aulas escolares son ambientes auditivo-verbales. Los niños pasan aproximadamente el 75 % de su tiempo en la escuela y el 45 % del horario escolar están involucrados en actividades en las que predomina la expresión oral de los profesores o de sus compañeros y en las que el mensaje se recibe en forma auditiva. Por ello la audición es fundamental para el aprendizaje en ese ámbito. Los niños necesitan oír lo que dicen los profesores para procesar en condiciones óptimas la información auditiva. La discriminación auditiva es esencial para el aprendizaje escolar y particularmente relevante para los niños más pequeños que están aprendiendo el lenguaje (Gordon-Langbein y Metzinger, 2000). Todos los niños, debido a la relación del nivel de desarrollo de las habilidades auditivas y del lenguaje con la maduración de las vías nerviosas (Flexer, 2003) y la experiencia, necesitan condiciones auditivas más favorables que las de un adulto para lograr el mismo nivel de discriminación de la palabra (Anderson, 2001). Distintos autores han comparado a su vez el rendimiento de los niños con audición normal y el de los niños con deficiencias auditivas en distintas condiciones acústicas. Aunque con diferentes resultados, han observado que, debido a la distorsión interna propia de un oído que se encuentra afectado, los niños con pérdidas auditivas se ven aún más perjudicados (tabla 1 y fig. 1).

Un factor fundamental que afecta la comunicación en las aulas es la inteligibilidad, que se define como el porcentaje de palabras correctamente interpretadas por el oyente y que idealmente debe ser superior al 80 %. La *inteligibilidad* depende del tiempo de reverberación y del ruido de fondo. El tiempo de reverberación (TR) es el tiempo que transcurre desde el instante en que cesa una fuente sonora

Tabla 1

Porcentajes de discriminación del habla en niños normooyentes e hipoacústicos de 8-12 años según el tiempo de reverberación y la relación señal-ruido (Finitzo-Hieber y Tillman, 1978 en Anderson 2003)

Tiempo de reverberación	Relación señal-ruido	% de discriminación normooyentes	% de discriminación hipoacústicos
0,4 s	+ 12 dB	83	60
	+ 6 dB	71	52
	0 dB	48	28
1,2 s	+ 12 dB	70	41
	+ 6 dB	54	27
	0 dB	30	11

hasta que el nivel de presión sonora cae 60 dB por debajo de su valor inicial. Desde el punto de vista perceptivo esto equivale a que el sonido se vuelva prácticamente inaudible. Si el tiempo de reverberación es muy prolongado, los sonidos anteriores siguen oyéndose cuando aparecen los nuevos, provocando cacofonías que perjudican la inteligibilidad de la palabra.

Discriminación de la palabra en función de la señal-ruido

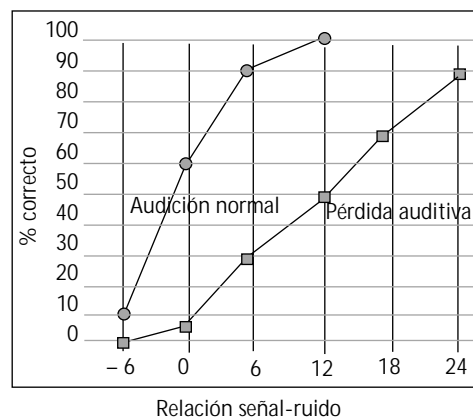


Figura 1

Porcentajes de discriminación de la palabra en función de la relación señal-ruido en niños normooyentes e hipoacústicos (Oken, Morgan y Dubrio, 1982. Adaptada de Anderson, 2002).

Este efecto produce un aumento del nivel del ruido ambiente. Si, en cambio, el TR es muy corto, los sonidos suenan débiles, sobre todo cuanto más lejos se está de la fuente sonora. El TR depende del tamaño de la habitación y de los materiales de construcción y mobiliario que reflejan u absorben el sonido. Hay un tiempo óptimo para cada tipo de aplicación, que aumenta con el volumen del ambiente. El *nivel de ruido de fondo (NRF)* está dado por las fuentes sonoras distintas de la señal primaria existentes en el ambiente. Mientras que el TR está relacionado con factores de diseño y materiales constructivos. El ruido de fondo en el aula se debe a ruidos provenientes del exterior (tráfico, ruidos en zonas adyacentes, etc.) o ruidos del interior (murmullos, movimientos de sillas, sistemas de aire acondicionado, ruido estructural, etc.). La situación ideal es contar con un buen aislamiento de los ruidos externos. Sin embargo un estudio reciente revela que la mayor fuente de ruido constante son los mismos niños dentro de la clase (Dockrell y cols., 2004).

Según normativas nacionales e internacionales, las aulas deberían poseer un tiempo de reverberación del orden de los 0,6 segundos como máximo y el nivel de ruido de fondo no debería superar los 35 dBA. En la medida que se superan estos valores comienza a notarse una falta de inteligibilidad en el mensaje oral. Sin embargo, la calidad acústica del aula no ha sido una preocupación histórica, datando las primeras normativas a nivel local a partir de la década de 1960, lo que hace que la mayoría de los edificios escolares construidos con anterioridad no cumplan efectivamente con esos requisitos. Investigaciones realizadas en el ámbito del territorio español (Durá, Vera y Yebra, 2002) demuestran que el 60 % de las aulas excede los niveles máximos recomendados de ruido de fondo mientras que el 100 % supera el valor propuesto como TR óptimo (tabla 2).

	Aislamiento acústico (en dBA)	Tiempo de reverberación (s)
Deseable	35	0,4-0,8
Real (media)	42	1,4

La *relación señal-ruido* es la que existe entre la señal primaria (como el habla del profesor) y el ruido de fondo existente. El término ruido se define como cualquier señal distinta de la que el sujeto desea escuchar.

Para que el habla sea inteligible, los niños con audición normal necesitan una relación señal-ruido de al menos +6 dB (es decir, la voz del profesor debe ser 6 dB más intensa que el ruido de fondo), está demostrado que los niños con pérdidas auditivas necesitan una mayor relación *señal-ruido* (Anderson, 2001). La asociación de profesores de sordos del Reino Unido (TOD) establece que para los niños con deficiencias auditivas esta relación debe ser de al menos de +20 dB para el rango de frecuencias comprendido entre los 125 y 750 Hz y de +15 dB para el rango comprendido entre 750 y 4.000 Hz.

La intensidad típica de la voz del profesor es de 70 dB SPL mientras que el promedio de ruido en el aula es de 55 dB SPL, de manera que cuando el profesor se encuentra a 50 cm del niño la relación señal ruido es de +15 dB. A medida que se duplica la distancia la intensidad de la señal disminuye en 6 dB, cuando el profesor se encuentra a 2 metros la relación señal ruido es prácticamente de 0 dB y cuando se aleja aún más, la intensidad del ruido de fondo supera a la señal (fig. 2). Estudios realizados en personas normooyentes (Nillson, Soli y Sullivan, 1994) revelan que un cambio de apenas 1 dB en la relación señal-ruido equivale a un cambio del 10 % en el por-

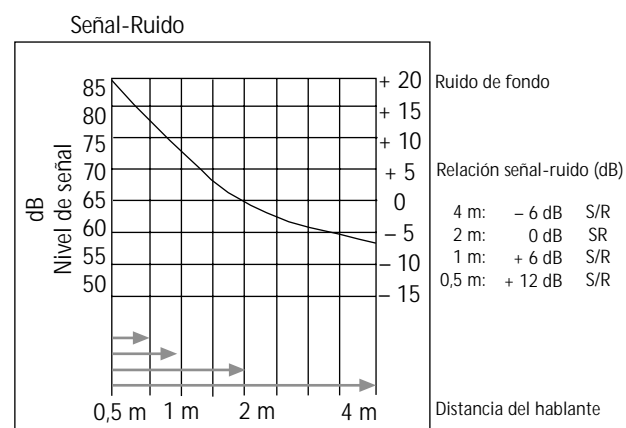


Figura 2

Relación señal-ruido en función de la distancia del hablante.

centaje de discriminación del habla (valorado con oraciones).

A lo anteriormente mencionado, debe sumarse el hecho de que no todos los sonidos del habla tienen la misma intensidad. Los sonidos vocálicos, por ser más intensos, son los que aportan la audibilidad del mensaje, pero son las consonantes las que otorgan inteligibilidad al habla. Precisamente, al tener las consonantes una composición frecuencial más aguda y de menor intensidad, su percepción y discriminación se ve afectada en mayor medida, con su consecuente repercusión en la comprensión del mensaje oral.

En estas condiciones, aunque puede ocurrir que la energía sonora emitida por el educador llegue a los distintos puntos de la sala, el mensaje será de difícil comprensión por parte del receptor. El niño oír la voz del profesor pero no distinguirá sin la ayuda del contexto, por ejemplo, si el profesor ha dicho casa o taza. Este hecho, en los niños que están aprendiendo el lenguaje, es fundamental debido a que no tienen la suficiente experiencia para hacer el cierre auditivo de lo que no han detectado o de lo que han percibido de forma distorsionada (Flexer, 2003).

La detección de los detalles acústicos precede a las habilidades de procesamiento auditivo de nivel más alto. Por eso, cuanto mejor detecta el niño las distinciones entre los sonidos y las palabras, más oportunidades tendrá el cerebro del niño de desarrollar y expandir las habilidades de lenguaje y lectoescritura (Calafí, Guilera y Méndez, 2004). Debido a que el cerebro requiere una señal de habla completa y clara para desarrollar estas habilidades, es necesario mejorar la relación señal-ruido en las situaciones de aprendizaje.

La distancia auditiva crítica es aquella en la cual los sonidos del habla son audibles, pero también inteligibles (Ling, 1989). Las pérdidas auditivas reducen la distancia en la cual los sonidos son inteligibles. Esta distancia auditiva varía de acuerdo a las cualidades acústicas del ambiente. El niño puede detectar e identificar todos los sonidos del habla cuando el ambiente es silencioso y el emisor se encuentra a menos de 1 metro de distancia (situación típica de evaluación), pero puede confundir algunos sonidos cuando el hablante se aleja o cuando hay ruido de fondo o directamente no llegar a percibirlos. La reducción de la distancia auditiva tiene consecuencias negativas en el rendimiento escolar y en la vida diaria debido a que la distancia auditiva es necesaria para el aprendizaje pasivo a través de la escucha

casual (Ling, 1989). Por eso es importante conocer cuál es la distancia auditiva crítica del niño para cada ambiente donde se desenvuelve (casa, colegio, terapia) y modificar las situaciones en las que no tiene acceso a una señal auditiva óptima (Talbot, 2002). Una forma rápida y sencilla de realizar esta comprobación es realizar el test de los seis sonidos de Ling¹ (Ling, 1989) a diferentes distancias progresivas en los distintos ambientes, considerando la ubicación del niño y ruido de fondo usuales. La distancia a partir de la cual el niño comience a presentar dificultades en la identificación de los sonidos será su distancia auditiva crítica para ese ambiente.

Necesidades acústicas de los niños con deficiencias auditivas

La mayor secuela de las pérdidas auditivas neurosensoriales es la dificultad en la comunicación, especialmente en ambientes ruidosos y/o reverberantes. El ruido excesivo en el aula y la reverberación pueden ser perjudiciales para todas las áreas académicas incluyendo la percepción del habla, el desarrollo del lenguaje oral, la lectoescritura, la conducta, la atención, la función psicosocial, la autoestima y la concentración (Crandell y cols., 2000). Está reconocido que las condiciones acústicas del ambiente de aprendizaje son una variable fundamental en el logro psicoeducativo de los niños con pérdidas auditivas (Crandell, 1993). El desarrollo de las habilidades auditivas que se pretende fomentar depende de la calidad del estímulo. La detección es el nivel más bajo del desarrollo auditivo; se refiere a la conciencia de presencia o ausencia de sonido. La discriminación implica distinguir si dos sonidos son iguales o diferentes. El reconocimiento se refiere a la posibilidad de seleccionar un estímulo de una lista dada mientras que la identificación proporciona una infinita cantidad de alternativas. Finalmente, en el nivel más alto, se encuentra la comprensión. La comprensión es el objetivo de la educación escolar pero no se puede llegar a ella si los niveles inferiores que comienzan en la detección están comprometidos (Flexer, 2003).

¹ Los seis sonidos son /m/, /u/, /a/, /i/, /sh/, /s/ y cubren todo el rango de frecuencias del espectro del habla. Los sonidos deben emitirse con un nivel de voz conversacional y el niño debe responder cuando los detecta y/o repetirlos (para evaluar la identificación).

La adecuada respuesta a las nee de los alumnos con deficiencia auditiva no termina con el equipamiento audioprotésico (audífonos y/o implante coclear) sino que debe contemplar la mejora de las condiciones acústicas para facilitar la recepción del mensaje oral (Silvestre y cols., 2002). Los sistemas de FM deben considerarse un eslabón más en el proceso de optimización protésica.

Limitaciones de las prótesis auditivas

La optimización de la adaptación protésica y/o del implante coclear consiste en dotar al niño con deficiencia auditiva de los mejores medios para facilitarle el lenguaje oral, la comunicación y la interacción social. Cuando el procedimiento de compensación se hace teniendo en cuenta únicamente los entornos silenciosos y las valoraciones en cabinas insonorizadas con menos de 40 dB de ruido de fondo, en realidad no se está considerando la respuesta del equipamiento en entornos acústicos no ideales, que son los entornos a los que el niño está expuesto la mayor parte del tiempo.

La funcionalidad óptima de cualquiera de ambas opciones de compensación auditiva se debe contemplar para todos los ambientes acústicos, no sólo para los idóneos.

A pesar de los avances continuos en las estrategias de procesamiento de la señal y la tecnología multimi-crófonos, ni los audífonos ni los implantes pueden satisfacer todas las necesidades auditivas (May y cols., 1998; Kennedy, 2003). Su mayor limitación se encuentra en la imposibilidad de enviar una señal clara y nítida del habla cuando existe ruido de fondo o cuando el usuario no está cerca del emisor. Cuando el ruido de fondo supera los 60 dB, el beneficio de las prótesis es nulo (Anderson, 2003). Las prótesis auditivas, sean audífonos o implantes cocleares, amplifican tanto la señal como el ruido de fondo. Cuando el profesor o compañero que emite el mensaje está a más de 2 metros la relación señal-ruido es de 0 dB.

Muchas son las publicaciones que, fundamentándose en aspectos neurofisiológicos y psicoacústicos, avalan las ventajas de la amplificación binaural para, entre otros aspectos, hacer frente a los problemas de discriminación con ruido de fondo, y muchos son los estudios que demuestran sus ventajas sobre la ampli-

ficación monoaural (Byrne 1980; Byrne 1981; Moore, 1991; Cochlear Americas 2003; Cochlear Collaborative Research Report, 2004; Advanced Bionics, 2004).

Sin embargo, además de considerar que no siempre reúnen los requisitos necesarios para amplificar en forma bilateral, en condiciones de ambiente ruidoso ningún equipamiento binaural (audífonos y/o implante coclear) supera los beneficios que se obtienen añadiendo la utilización de un sistema de FM. Es más, Lewis y cols. (2004) han demostrado que cuando sujetos adultos con pérdidas auditivas neurosensoriales utilizan la tecnología de FM, su percepción del habla en ruido es sorprendentemente mejor que la que obtienen los individuos con audición normal en los mismos ambientes acústicos. Los mejores resultados se obtienen cuando el equipamiento de FM también es realizado de forma binaural.

No se trata entonces de negar los beneficios de la amplificación binaural, más bien todo lo contrario, dejar claro que ninguna prótesis auditiva, sean audífonos o implantes cocleares, puede mejorar la percepción de la señal del habla si ésta no llega al micrófono o si llega degradada. Esta aclaración es necesaria debido a que en los últimos años, con la aplicación más extensiva de los implantes cocleares, se ha creado el prejuicio de que estos dispositivos utilizados de forma bilateral solucionan los problemas de inteligibilidad en ambientes ruidosos y no es así. Tanto los niños usuarios de audífonos como los usuarios de implantes cocleares necesitarán otras alternativas técnicas cuando las condiciones acústicas sean adversas.

Ayudas técnicas auditivas

Los dispositivos técnicos de ayuda auditiva son aquellos que se utilizan para mantener o mejorar las capacidades funcionales de los niños con pérdidas auditivas dadas por sus audífonos y/o implante/s coclear/es.

Los sistemas de FM, en su variedad de opciones, son la forma más efectiva de aumentar la relación señal-ruido, que es quizás el factor más importante para la percepción del habla (Ross, 2003).

En general, los sistemas de FM consisten en un sistema de comunicación simple: un transmisor, un micrófono y un receptor. El micrófono se utiliza cerca de la fuente sonora o de la boca de la persona que habla, y en el transmisor manda la señal al receptor que emite dicha señal de forma amplificada (fig. 3).



Figura 3

Emisor y micrófono del sistema de FM (en el adulto). Receptor del sistema FM acoplado a la parte inferior del audífono. (Por cortesía de Phonak AG.)

Cuando el receptor es un altavoz que distribuye la señal en todo el ambiente, se trata del sistema de FM a campo libre (el típico de las salas de conferencias), muy utilizado en las aulas de los Estados Unidos. Cuando el receptor envía la señal directamente al oído del usuario, a través del audífono o del procesador del implante, se denomina sistema de FM personal. Los sistemas de FM personales proporcionan una comunicación directa entre la persona que habla y el usuario.

El micrófono acoplado al transmisor recoge la señal (p. ej., habla del profesor), la modula en una onda electromagnética, y la envía al receptor, utilizando la misma tecnología que utilizan emisoras de radio AM/FM. En los equipos de última generación todo esto se realiza de forma inalámbrica. En el receptor la señal es convertida nuevamente en una señal de audio y puede llegar al usuario a través de un auricular, audífono o procesador del implante.

Últimamente se han producido cambios en la legislación (CTE/630/2002 del 14 de marzo) que

determinan la utilización exclusiva de las bandas H25 (175,500 MHz), H47 (174,100 MHz) y H48 (174,300 MHz) en los sistemas de FM empleados en un contexto escolar. Esto último, sumado a la facilidad de cambio de frecuencias de los sistemas más modernos, ha mejorado notablemente el mentado problema de las interferencias.

Para poder ser aplicada con el uso de audífonos e implantes cocleares la conexión de FM tiene que trabajar con muy poca potencia (apenas 1mW) lo que limita la radiación electromagnética a valores casi inestimables (1.000 veces menos que el pico de radiación de un teléfono móvil, muy por debajo de los valores de seguridad).

Aplicaciones de los sistemas de FM

Cuando se utilizan los sistemas de FM junto con los audífonos y/o implante coclear los objetivos son:

- Mejorar la audibilidad del habla de la persona que utiliza el micrófono del sistema de FM al permitir que el niño oiga a la persona que habla a un nivel por encima del ruido de fondo (en la clase: el maestro y ocasionalmente los alumnos, etc.).
- Conservar la audibilidad de la voz del usuario, es decir, permitir que el niño oiga su propia voz.
- Mejorar la audibilidad de las voces de los demás a diferentes distancias.

La aplicación de la tecnología de FM para las diferentes situaciones en las que las condiciones acústicas sean adversas se proporcionará según la edad y el grado de pérdida auditiva (tabla 3).

Beneficios de los sistemas de FM personales

- Los efectos del ruido de fondo y de la reverberación se reducen debido a que la distancia entre la boca de la persona que habla y el micrófono es muy corta (de 15 a 20 cm o menor).
- La distancia deja de ser un problema porque la voz de la persona que habla llega a la persona que recibe la señal, a un nivel comparable al que se esperaría si esa persona que habla estuviera junto al receptor a menos de 50 cm de distancia.

Grado de pérdida auditiva	Para estimulación auditiva (0 a 5 años)	Cuando existen trastornos asociados	Para el ocio (televisión, teatro, salidas, etc.)	Para favorecer la comunicación (6 a 16 años)	En el contexto escolar
Leve	Sí	Sí			Sí
Moderada	Sí	Sí	Sí		Sí
Severa		Sí	Sí	Sí	Sí
Profunda		Sí	Sí	Sí	Sí

- Cuando la transmisión es inalámbrica, proporciona movilidad tanto al profesor como al alumno sin degradar la calidad de la señal.
- En los sistemas más modernos audífono/implante coclear y FM actúan de forma conjunta. El sistema de FM es «transparente» ya que respeta los parámetros y características dispuestos en el sistema de amplificación primario (audífonos/implante coclear).

Cabe destacar que en ambientes ruidosos los mejores resultados con respecto a la percepción auditiva medida con listas de palabras u oraciones se obtienen cuando el niño utiliza exclusivamente el micrófono del sistema de FM. Sin embargo es aconsejable, siempre que se mantenga la ventaja del micrófono del FM, permitir que el niño también reciba la información a través del micrófono de su audífono y/o implante coclear para que pueda controlar las cualidades de su voz y oír a sus compañeros (Aaron y cols., 2003). Actualmente esto es posible debido a distintas opciones de programación de audífonos e implantes (fig. 4).



Figura 4
Receptor del sistema FM acoplado al procesador retroauricular del implante coclear. (Por cortesía de Phonak AG.)

Es importante tener en cuenta que los sistemas de FM trabajan junto con los audífonos (analógicos, digitales, de conducción ósea o BAHA) y/o implantes cocleares que han sido seleccionados previamente para amplificar los sonidos de la manera apropiada para cada niño. Debido a ello, así como ni los audífonos ni el implante coclear convierten al niño sordo en normooyente, los beneficios del sistema de FM están limitados por el rendimiento del sistema de compensación primario de cada niño en particular (audífonos y/o implante coclear).

Investigaciones realizadas acerca de los beneficios de los sistemas de FM en los niños con pérdidas auditivas de grado leve a profundo demuestran que estos son evidentes (Hawkins, 1984; Flexer, 2000; Anderson, 2001). Citando estudios específicos, Boothroyd e Iglehart (1998) refieren que los alumnos con pérdidas severas a profundas, con una discriminación de la palabra en ambiente silencioso del 40 al 60 %, pueden beneficiarse con el uso de sistemas de FM, aumentando la comprensión de la palabra hasta el 30 % en dichos ambientes y hasta el 25 % en condiciones de ruido. Además, los alumnos que sólo tienen puntuaciones de discriminación de la palabra del 20 %, que han sido educados en la modalidad oral, se benefician del uso de los sistemas de FM aumentando su atención a las instrucciones verbales y disminuyendo su dependencia de información suplementaria escrita o signada. La utilización de los sistemas de FM en el aula, siempre que su adaptación sea la adecuada, mejora la inteligibilidad en todos los casos, independientemente de la memoria auditiva o la inteligencia no verbal (Arnold y Canning, 1999). Los resultados en la percepción del habla son mejores cuanto mayor experiencia tiene el niño con los sistemas de FM (Davies, Yellon y Purdy, 2001). Si bien algunos autores han encontrado que la edad

también es un factor que determina el rendimiento en ambientes ruidosos, otros (Uhler, Abbott y DeConde, 2004) han encontrado que las habilidades de percepción del habla en ruido varían individualmente independientemente de la edad, el grado y la configuración de la pérdida auditiva.

En una encuesta realizada a profesionales de la audiología de distintos países, entre ellos España (Calvo y Maggio, 2003), los especialistas valoraron, en gran medida (76 %), que la edad de preferencia para la adaptación de un sistema de FM es en el momento inmediato al diagnóstico de la sordera, cuando el niño y la familia se han habituado al uso de los audífonos (fig. 5). Sin embargo, faltan datos objetivos y estudios que reflejen esa necesidad.

Valoración de los sistemas de FM

Además de la verificación técnica del sistema de FM llevada a cabo por el audiólogo/audioprotesista, debe realizarse una valoración funcional en el ambiente real de aplicación del mismo para evaluar su utilización y beneficio. Para ello son muy útiles los cuestionarios de observación como el Inventario Auditivo para la Educación (LIFE Anderson y Smaldino, 1998) en versiones dirigidas a los niños y a los profesores en los cuales se enumeran una serie de situaciones auditivas en el aula y debe responderse consignando el grado de dificultad que se experimenta en las mismas. Dichos cuestionarios se realizan inicialmente sin la asistencia de los equipos de FM y,

tras un período de uso de los mismos, se completan nuevamente para valorar los beneficios obtenidos en las diferentes situaciones y tener un registro de las modificaciones que es necesario realizar.

Una de las principales causas de abandono en el uso de tecnologías o dispositivos de ayuda es que al usuario no le agrada el dispositivo debido a que no ha tenido oportunidad de participar en el proceso de selección del mismo y por lo tanto no es capaz de apreciar el beneficio que obtiene con él. Otro problema es la falta de asesoramiento en el correcto uso del mismo. Para contribuir al éxito en la utilización de los sistemas de FM en el ámbito escolar, es crítico que todos los involucrados en su uso (niños, profesores, logopeda, padres, etc.) participen en la valoración inicial del dispositivo, estén correctamente entrenados en su operación (carga de baterías, colocación, uso de micrófono, etc.) y reciban asesoramiento continuo por parte de profesionales cualificados.

Discusión

El uso de la tecnología de FM en el ámbito educativo para los niños con pérdidas auditivas es ampliamente reconocido y aceptado en otros países de la Unión Europea y los Estados Unidos. Los sistemas de FM son un equipamiento estándar y el coste se financia, a través de las administraciones sanitaria y/o educativa, en el 100 % en países como Dinamarca, Francia, Alemania, Italia y Reino Unido (Hostler, 2004; Falke, 2003).

La utilización de los sistemas de FM está recomendada en diferentes situaciones donde las condiciones acústicas son adversas y existe un hablante primario, pudiendo éstas exceder el ámbito escolar. Este sistema puede ser una ayuda fundamental para el desarrollo del lenguaje desde edades muy tempranas. En los niños muy pequeños permite evitar el *feedback* que se produce cuando el niño se encuentra en brazos, asegurando la calidad de la señal sonora de manera constante. Asimismo cuando el niño comienza a desplazarse por sus propios medios es un recurso ideal para sobrellevar los problemas generados por la distancia y el ruido de fondo de los ambientes cada vez más amplios en los que se desenvuelve. En general, la aplicación de los sistemas de FM también puede extenderse a las situaciones de ocio donde existe un hablante o fuente sonora pri-

Edad de preferencia óptima para adaptación de FM

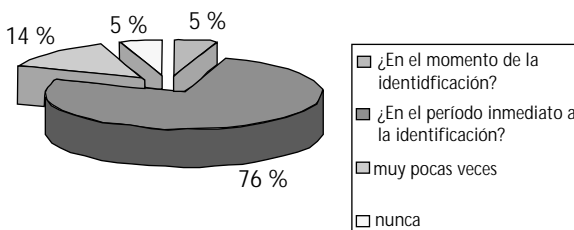


Figura 5

Edad de preferencia para la adaptación de un sistema de FM según especialistas en audiología pediátrica (Calvo y Maggio, 2003).

maría tales como paseos, visitas guiadas, televisión, etc.

En el año 1995 se realizó un estudio que incluyó a 100 niños deficientes auditivos severos y profundos de 11 provincias distintas de España integrados en escuelas ordinarias, donde en el 74 % de los casos los resultados, de acuerdo con las valoraciones de los propios niños, padres, logopedas y profesores, fueron considerados buenos o excelentes (Salesa, 1995). Recientemente se han obtenido similares resultados al realizar una valoración de la nueva tecnología de FM en el ambiente educativo de niños con pérdidas moderadas a profundas y usuarios de audífonos y/o implante coclear (Alemany, Calvo, Maggio, Marro, Miró, Miró y cols., 2004). En el 77 % de los casos los profesores estimaron que los niños habían mejorado notablemente. Ningún caso tuvo una evolución negativa (fig. 6) y el 92 % de los alumnos, después del período de prueba, se mostró dispuesto a seguir utilizando el sistema de FM.

La utilización de sistemas de FM como recurso técnico en el contexto escolar está ampliamente recomendada por los profesionales de referencia en rehabilitación de los niños con pérdidas auditivas (Flexer, 2000; Talbot, 2002; Monfort, 2004). Sin embargo, en una encuesta realizada en el año 2003 a 210 familias de casi la totalidad del territorio nacional, surgió que sólo el 5 % de los niños utilizaba sistemas de FM de forma sistemática (fig. 7) y la mayoría de los padres desconocía los beneficios de los mismos (Calvo y Maggio, 2004).

Desde el año 1978, cuando aparecen los primeros sistemas de FM personales, se han producido muchos

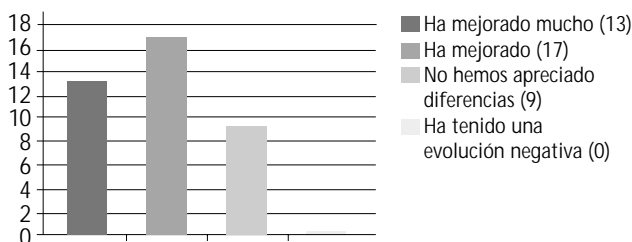


Figura 6

Valoración de los profesores acerca de la evolución de los niños con deficiencias auditivas después del período de prueba del uso de sistemas de FM ($n = 39$) (Alemany y cols., 2004).

¿Su hijo utiliza emisora de FM?

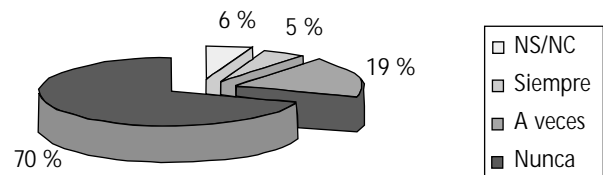


Figura 7

Encuesta sobre la utilización de sistemas de FM en niños con deficiencias auditivas ($n = 210$) (Calvo y Maggio, 2004).

avances en esta tecnología por lo que se han eliminado problemas comunes que solían existir como el de la distorsión, la disminución de la ganancia, las interferencias o los fallos técnicos atribuidos a las conexiones de los cables.

La aparición de nuevos equipos de FM que contemplan la miniaturización de las emisoras y receptores, la suma de la señal de FM sin cambiar la ganancia de la prótesis, la reducción de cables, la sintetización de frecuencias para evitar las interferencias así como también la posibilidad de respetar la adaptación estereofónica y la utilización simultánea con el implante coclear, hacen que estos problemas queden ampliamente superados (tabla 4).

Existen en el estado Español unos 7.000 niños aproximadamente, que presentan necesidades educativas especiales a causa de su discapacidad auditiva.

Tabla 4	Superación de los inconvenientes técnicos en los sistemas de FM	
	Inconvenientes	Superación
	Ajustes excesivos	Automatización
	Tamaño, peso y cables	Miniaturización
	Cables	Tecnología inalámbrica
	Problemas de compatibilidad del sistema	Estandarización
	Ajustes sin personalización	Personalización
	Dificultad de uso	Facilidad de uso
	Poca flexibilidad en las frecuencias	Flexibilidad en el uso de frecuencias
	Inseguridad	Fiabilidad

Muchos de ellos podrían beneficiarse del uso de los sistemas de FM y no los están utilizando, a veces porque deciden no hacerlo, pero con mucha más frecuencia porque no se dispone de suficiente información sobre el impacto negativo en el aprendizaje de la mala relación señal-ruido en el aula y las ventajas que puede aportar el uso de los sistemas de FM en la satisfacción de sus necesidades educativas.

El objetivo prioritario debe ser proporcionar la mejor calidad auditiva posible en todos los entornos, no sólo en los ideales. Esto implica que el niño obtenga en ambientes ruidosos, utilizando el sistema de FM, similares porcentajes de máxima discriminación de la palabra que los obtenidos con sus audífonos y/o implante coclear en ambientes silenciosos.

Por último queremos destacar, citando a Marc Monfort (2004), que «Aún con la presencia de las ayudas auditivas, es necesario que los profesores tengan en cuenta la presencia de alumnos con discapacidad auditiva en su clase. Es, por lo tanto, necesario incluir un programa de formación sobre aspectos como el emplazamiento relativo en el espacio del profesor para facilitar la lectura labial, la necesidad de una dicción clara y un ritmo sosegado, el uso de medios visuales para complementar la información puramente verbal, una atención más individualizada a los alumnos con sordera para asegurar su correcta comprensión de los aprendizajes. No basta con dotar a los alumnos con medios, se requiere también una adaptación del estilo del profesorado y esa adaptación servirá de modelo a los demás alumnos oyentes en su propia relación con sus compañeros sordos».

Bibliografía

- Aaron, R., Sonneveldt, V., Arcaroli, J. y Holdstad, B. (2003). *Optimizing microphone sensitivity settings of pediatric Nucleus 24 cochlear implant patients using a Phonak Micro-link CI FM System*. Póster presentado en el 9th Symposium of Cochlear Implants and Children, Washington, DC.
- Advanced Bionics Cooperation (2004). Hearing with two ears: technical advances for bilateral cochlear implantation. Disponible en: <http://www.bionicear.com>.
- Alemany, J., Calvo, J. C., Maggio De Maggi, M., Marro, S. y Miró, J. (2004). *Análisis cualitativo de l'ús i emplaçament de sistemes de freqüència modulada al context escolar*. Barcelona. En prensa.
- Anderson, K. L. (2001). Voicing concern about noisy classrooms. *Educational Leadership*, 58, 77-79.
- Anderson, K. L. y Smaldino, S. (1998). *L.I.F.E. Listening Inventory for Education an Efficacy Tool. Teacher appraisal of listening difficulty*. Educational Audiology Association. Versión. Disponible en español en: <http://www.phonak-pip.com>.
- Arnold, P y Canning, D. (1999). Does classroom amplification aid comprehension?. *Br J Audiol*, 33, 171-178.
- Boothroyd, A. y Iglehart, F. (1998). Experiments with classroom FM amplification. *Ear Hear*, 19, 202-217.
- Byrne D.J. (1980). Binaural hearing aid fitting. En E. Robert Libby (Ed.), *Binaural amplification* (pp. 23-73). Chicago: Zenetron (Binaural hearing and amplification, vol. 2).
- Byrne D.J. (1981). Clinical issues and options in binaural hearing aid fitting, *Ear and Hearing*, 2, 187-93.
- Calafi Rius, M., Guilera Sardá, A. y Méndez, L. (2004). *Percepción auditiva del lenguaje. Programa para su entrenamiento*. Barcelona: Grupo Ars XXI de Comunicación.
- Cochlear Collaborative Research Report. (2004). Bilateral and bimodal studies. Bilateral implants in children. Cochlear Corp.
- Cochlear Americas. (2003). Nucleus bilateral fittings. Nucleus report. June/July 2003. Disponible en: http://cochlear-americas.com/PDFs/Nucleus_Jun_Jul.pdf.
- Crandell, C. (1993). Speech recognition in noise by children with minimal degrees of sensorineural hearing loss. *Ear Hear*, 14, 210-216.
- Crandell, C., Smaldino, J. y Anderson, K. (2000). Classroom Acoustics. *Volta Voices*, 7, 28-32.
- Davies, M., Yellon, L. y Purdy, S. (2001). Speech in noise perception of children using cochlear implants and FM systems. *The Australian and New Zealand Journal of Audiology*, 23, 52-62.
- Dockrell, J., Shield, B. y Rigby, K. (2004). Acoustic guidelines and teacher strategies for optimizing learning conditions in classrooms for children with hearing problems. En D. Fabry, CH. DeConde J. (Eds.), *ACCESS: Achieving Clear Communication Employing Sound Solutions*. Chicago: Phonak AG.
- 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 discapacidades auditivas en diferentes grados*. Alicante: Universidad de Alicante.
- Falcke, O. (2003). *Historia de los sistemas de FM en el aula. FM en las escuelas de Europa. Nueva tecnología en los sistemas de FM*. Ponencia presentada en la Primera Sesión Europea sobre ruido en el aula y sistemas de Frecuencia Modulada (FM) Barcelona.
- Flexer, C. (2000). FM Technologies: Enhancing language learning in home and school environments. *Volta Voices*, 7, 21-25.
- Flexer, C. (2003). Integrating sound distribution systems and personal FM technology. En D. Fabry, CH. DeConde J. (Eds.), *ACCESS: Achieving Clear Communication Employing Sound Solutions*. Chicago: Phonak AG.
- Gordon-Langbein, A. y Metzinger, M. (2000). Technology in the classroom to maximize listening and learning. *Volta Voices*, 7, 10-13.
- Grup d'Investigació sobre Sordeses i Trastorns en l'Adquisició del Llenguatge (2002). *L'alumnat sord a les etapes infantil i primària: criteris i exemples d'intervenció educativa*. Barcelona: Servei de Publicacions de la Universitat Autònoma de Barcelona.
- 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.

- Hostler, M. (2004). Fitting FM Systems with advanced digital signal processing hearing aids. En R. C. Seewald y J. S. Gravel (Eds.), *ACCESS: Achieving Clear Communication Employing Sound Solutions* (pp. 155-164). Chicago: Phonak AG.
- Karen, L. y Anderson, K. L. (2003). *Optimizando el aprendizaje en los niños con deficiencias auditivas*. Ponencia presentada en la Primera Sesión Europea sobre ruido en el aula y sistemas de frecuencia modulada (FM). Barcelona.
- Kennedy, E. (2003). *Circuitry options: signal processing under adverse listening conditions*. Disponible en: <http://www.vard.org/mono/ear/kennedy.htm>.
- Lewis, M. S., Crandell, C. y Valente, M. (2004). Speech Perception in noise using FM-Technology. *Phonak Focus*, 34, 1-15.
- Ling, D. (1989). *Foundations of spoken language for hearing-impaired children*. Washington, DC: Alexander Gram. Bell Association for the Deaf.
- May, A., Brenner Larsen, C. y Warland, A. (1998). Is digital enough for improved hearing in noise? Studies comparing digital and multimicrophone instruments. *Phonak Focus*, 24, 1-11.
- Monfort, M. (2004). Consideraciones metodológicas según etapas educativas y áreas curriculares. En *Manual básico de formación especializada sobre discapacidad auditiva*. Madrid: Ed. FIAPAS.
- Moore, D. R. (1991). Anatomy and physiology of binaural hearing. *Audiology*, 30, 125-134.
- Nilsson, M., Soli, S. D. y Sullivan, J. (1994). Development of the Hearing in Noise Test for the measurement of speech reception thresholds in quiet and in noise. *J Acoust Soc Am*, 95, 1085-1099.
- Robert Peters, B. (2003). Rationale for studying bilateral cochlear implantation in children. Disponible en: <http://www.cici.org/vol17n3.html>.
- Ross, M. (2003). FM Systems: a little history and some personal reflections. En D. Fabry, CH. DeConde J. (Eds.), *ACCESS: Achieving Clear Communication Employing Sound Solutions* (pp. 1-17). Chigago: Phonak AG.
- Salesa, E. (1995). Integración de cien niños deficientes auditivos severos y profundos en escuelas normales con equipos de frecuencia modulada (FM) conectados a sus audífonos. Resultados estadísticos y conclusiones *Rev Fiapas Separata*.
- Sroka, S., Möltner, A. y Nopp, P. Assess the use and benefit of FM systems in bilaterally implanted adult patients. 8th Symposium on Cochlear Implants in Children. Los Angeles, CA.
- Staller, S., Arcaroli, J., Peters, B. (2002). *Clinical Study of Bilateral Cochlear Implantation in Adults*. Presentation, CI 2002, Manchester, England.
- Staller, S., Arcaroli, J., Parkinson, J. y Menapace, C. (2003). *US Nucleus Adult Bilateral Cochlear Implantation Study Results*. Presentation, CI 2003, Washington D.C.
- Talbot, P. (2002). Temas de Terapia Auditivo Verbal. Una selección de Apuntes. Trad. Mariana Maggio De Maggi. Auditory Verbal Internacional.
- Teter, D. (1986). Binaural Amplification. *Phonak Focus*, 10, 1-8.
- Uhler, K., Abbott Gabbard, S., DeConde J. CH. (2004). Determining signal to noise ratio to preserve optimal performance in school age children. En D. Fabry, CH. DeConde J. (Eds.), *ACCESS: Achieving Clear Communication Employing Sound Solutions*. Chigago: Phonak AG.

Recibido: 18/04/05
Modificado: 19/05/05
Aceptado: 02/06/05