



**UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA EDUCACIÓN
ÁREA DE PSICOLOGÍA EVOLUTIVA Y DE LA EDUCACIÓN**

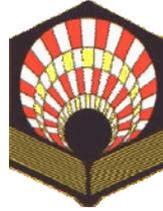
**NUEVAS TECNOLOGÍAS APLICADAS A LA
AYUDA DEL APRENDIZAJE DEL LENGUAJE
ORAL EN PERSONAS CON DISCAPACIDAD
AUDITIVA: PROYECTO ISAEUS**

TESIS DOCTORAL

Araceli Sánchez Raya



CÓRDOBA, 2005



UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA EDUCACIÓN
DEPARTAMENTO DE EDUCACIÓN
ÁREA DE PSICOLOGÍA EVOLUTIVA Y DE LA
EDUCACIÓN

NUEVAS TECNOLOGIAS APLICADAS A LA
AYUDA DEL APRENDIZAJE DEL LENGUAJE
ORAL EN PERSONAS CON DISCAPACIDAD
AUDITIVA: PROYECTO ISAEUS

TESIS DOCTORAL

Presentada por:

Araceli Sánchez Raya

Dirigida por:

Dr. Fernando Navarro Ortiz

Dr. Federico Alonso Trujillo

Tutora:

Dra. Anna Freixas Farré

Córdoba, 2005

*A Eduardo y Paula, los dos regalos
que me concedió la vida.*

*Y a mis padres, con el deseo de que
se sientan orgullosos....*

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, mi agradecimiento y respeto a Fernando Navarro y a Federico Alonso, que creyeron que esta tesis era posible y me apoyaron desde el principio.

A Pilar Lacasa que me facilitó el camino cuando empecé. A Anna Freixas que cogió el testigo de Pilar y ha sido mi consejera siempre que la he necesitado y un apoyo principal en la finalización de este trabajo.

A D. Ramón García, director del Proyecto ISAEUS, y a su equipo de la E.T.S.I. de Telecomunicaciones de la Universidad Politécnica de Madrid, por el enorme trabajo que compartimos con ellos.

Al Colegio de E. Especial “Niño Jesús” de Cabra (Córdoba) y en especial a Sor Benita por su ayuda inestimable y por darme la oportunidad de aprender más. Y a los niños y niñas del colegio, a Lucía, Eloy, Anita, Mercedes, Daniel.....ellos y ellas son el verdadero soporte de esta tesis.

Al Colegio de Sordos de Jerez de la Frontera (Cádiz) por posibilitarme esta investigación y en especial a, Pilar Galán, Victoria Moreno, Victoria González, Vanesa Curado, y Fátima Belizón. Por su seriedad y constancia en el trabajo, ellas son las logopedas que han hecho posible este estudio.

A Juan Antonio Moriana, por su impagable ayuda y sobre todo por su amistad.

A todos mis compañeros de la Facultad de Ciencias de la Educación, en especial a Luz, Marisol y M^a del Mar por su ánimo y por prestarse a ayudar siempre. Y a Amalia y Bárbara por

enseñarme tantas cosas cuando tuve que darle formato a la tesis. Todas ellas son las mejores compañeras y amigas...

A mi madre, mi apoyo, mi amiga, uno de los ejes de mi vida, estando siempre donde la necesitaba, por ser un espíritu libre y transmitírmelo, por su amor incondicional y por la multitud de pañales, comidas y cariño derrochados con Paula para que yo pudiera terminar este trabajo. A mi padre por sembrar el “germen” del “querer saber más” y el sentido de la investigación y por estar siempre dispuesto a ayudar. A Clara y Alicia, por sus muchas horas pasadas con Paula para que yo pudiera trabajar en esta tesis. A toda mi familia, y en especial a mi tía Araceli, ella es mi “hada buena”, gracias por creer en mi y abrirme la “tierra de las oportunidades”. A Marcial y Marisol, por su ayuda y sobre todo por su hijo. A mi hermana por los buenos ratos pasados... Y a mis “sobrinillos” Sofía, Leonor y Jorge por ser un estímulo muy dulce. A mis amigos, por no preguntar nunca por dónde iba la tesis y por animar siempre que salía el tema... Gracias a todos.

A “mi Paulita” por llenar una parte de mi que no sabía que existía, ella ha conseguido darme la alegría que necesitaba para concluir este proyecto.

Y finalmente, mi total agradecimiento a Eduardo, mi cómplice, mi amigo, mi marido, mi compañero... Empezamos este proyecto, juntos, en ese pequeño equipo de expertos que soñó con el ISAEUS...y lo hemos terminado juntos. Este trabajo es tan suyo como mío... Gracias por cuidarme y por seguir cuando yo estaba cansada. Por mimarme y por tu amor constante y desinteresado. Eres incansable. Esta tesis está dedicada a ti y por supuesto, a la alegría de nuestras vidas, nuestra hija Paula.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN..... 1

**CAPÍTULO I. LOS NIÑOS Y NIÑAS CON DISCAPACIDAD
AUDITIVA Y LA LENGUA ORAL 7**

El problema de las relaciones lenguaje-pensamiento y los niños y niñas
sordas7

Representación del conocimiento en los niños y niñas sordas9

El lenguaje oral en las personas sordas11

Intervención logopédica del lenguaje oral en personas sordas 14

A modo de conclusión29

**CAPÍTULO II. LAS TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN Y
LA COMUNICACIÓN (TIC): “UNA HERRAMIENTA
PRIVILEGIADA PARA TRATAR LA INFORMACIÓN” 31**

Las tics una puerta a la cognición32

El ordenador como herramienta privilegiada para tratar la información ...34

Variables críticas en el diseño de la enseñanza en tecnología de la educación
especial37

Las tics, ¿la panacea del nuevo siglo?42

Algunas reflexiones de por qué las tics tienen tan poco arraigo en la
educación especial44

Tecnologías del habla aplicadas a la rehabilitación del habla y la voz45

Sistemas de reconocimiento de habla aplicados a la intervención logopedica
.....48

Sistemas de reconocimiento de habla en nuestro país	52
A modo de conclusión	54
CAPITULO III. LA PERCEPCIÓN AUDITIVA HUMANA.	57
Algunos aspectos básicos sobre el sonido	58
Mecanismos biológicos de implementación	63
Aspectos básicos de la producción del habla	67
A modo de conclusión	85
CAPÍTULO IV. PROYECTO ISAEUS/SISTEMA MARIUS: “UN SOFTWARE CONSTRUIDO PARA FACILITAR EL APRENDIZAJE DEL LENGUAJE ORAL A PERSONAS CON DISCAPACIDAD AUDITIVA”.....	87
Una nueva manera de entender la enseñanza del habla en personas sordas. El proyecto isaeus	88
La continuación del isaeus: el sistema marius	91
A modo de conclusión	113
SEGUNDA PARTE: DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN	115
FUNDAMENTACIÓN METODOLÓGICA.....	117
Objetivos e hipótesis	117
Justificación de la investigación: hacia una metodología cuasi-experimental	120
Una experiencia “a pie de aula” con el sistema marius	122
Método	137

ANALISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS....	151
Organización de los datos	151
Análisis de datos	152
Primeras conclusiones	176
DISCUSIÓN: “MARIUS: UNA HERRAMIENTA QUE FACILITA EL APRENDIZAJE DEL LENGUAJE ORAL DE LOS NIÑOS Y NIÑAS CON DISCAPACIDAD AUDITIVA”	179
Primera versión del sistema marius y problemática suscitada	179
¿Como ayuda el sistema marius (en su versión final) a los niños y niñas sordas en cuanto a los parámetros suprasegmentales del habla?	186
¿...Y en las vocales?	189
Posibilidades de aprendizaje del sistema	193
¿.... Y respecto a la comunicación?	198
.....Y la interfaz ¿parece adecuada?	200
¿podría utilizarse el sistema con otras personas?	201
TERCERA PARTE: CONCLUSIONES.....	203
CONCLUSIONES	205
Recapitulando	206
BIBLIOGRAFÍA.....	209
ANEXOS	225

INTRODUCCIÓN

Cuando comencé este trabajo fueron muchas las motivaciones iniciales que poco a poco se orientaron hacia aspectos más concretos y más definidos de lo que realmente quería investigar. Por tanto, me adentré en una aventura con un camino de difícil tránsito, ya que me voy a referir a las TIC (tecnologías de la información y la comunicación) como herramientas privilegiadas de tratamiento de la información y ampliación de la comunicación, y en particular, a su papel en el proceso educativo de las personas con necesidades educativas especiales (concretamente con personas con discapacidad auditiva). Todo esto se complica aún más cuando mis intenciones se centran en la construcción de un sistema que funcione y que ayude a estas personas a mejorar la inteligibilidad de su habla mediante un sofisticado análisis de reconocimiento de voz de última generación (y que describiré en su momento), a lo que se suma un estudio sobre cómo llevarlo a cabo y si resulta eficaz en la ayuda de estos niños y niñas.

Para realizar mi propósito es necesario poner en interacción una serie de campos bastante dispares:

- ⇒ Por un lado, acercarme a cómo aprenden la lengua oral las personas con discapacidad auditiva, cuáles han sido los métodos de enseñanza tradicionales y cómo justificar la construcción de un sistema que ayude a estas personas.
- ⇒ Por otro, adentrarme en el mundo de las TIC con sus beneficios y limitaciones, haciendo una breve mención de

aquellos sistemas que se han construido para personas con discapacidad auditiva.

⇒ No puedo olvidar que aludir al lenguaje oral, implica tener que referirme a aspectos del sonido y del habla, concretamente a cómo operan en el oído humano, y desde ahí dar un salto a la dificultad técnica de hacer sistemas de reconocimiento de voz que sean consistentes y válidos.

Todos estos campos se fundirán en el proyecto ISAEUS/SISTEMA MARIUS. Expondré cómo el Proyecto ISAEUS (Iniciativa TIDE de la UE. Ref. DE 3004) supuso el cimiento del sistema MARIUS, sistema que constituirá la base de esta tesis en su construcción, desarrollo y puesta en práctica.

De este modo, el **objetivo general** ha sido plantear cómo mejorar el aprendizaje del lenguaje oral en personas con discapacidad auditiva, utilizando el prototipo MARIUS para conseguir un efecto en la optimización de la producción de los fonemas vocálicos y por tanto ayudar a la inteligibilidad del habla de estas personas y como sistema de apoyo a los y las logopedas. Para ello he examinado los datos recogidos en una experiencia con niños y niñas con discapacidad auditiva que utilizaron el instrumento.

Se pretende proporcionar un sistema de ayuda y de apoyo a la logopedia tradicional, presentando un *software* que hace las sesiones más divertidas, a la vez que se realizan ejercicios necesarios para el aprendizaje de los rudimentos de la lengua oral en personas sordas o con afecciones auditivas.

De acuerdo con estos planteamientos, y a partir del marco teórico y metodológico que asumo en esta investigación, y que se expondrá en capítulos posteriores, concretaré el propósito de este trabajo en los siguientes **objetivos específicos** que se han ido revelando a lo largo de esta investigación:

El primero se centra en describir formal y técnicamente la evolución en el desarrollo desde el prototipo ISAEUS (realizado por el consorcio europeo que participó en la iniciativa TIDE del IV Programa MARCO de I+D de la Unión Europea, 1996) hasta la última versión del sistema MARIUS (25 de enero 2002) realizado por el grupo español del consorcio. En concreto, se quería construir un *software* que fuera adecuado a las demandas actuales de esta población. En sucesivas versiones se fueron modificando aquellos aspectos del propio sistema que no solucionaban la problemática que presentaban los niños y niñas sordas. En concreto, se quería plantear estas cuestiones:

- 1.- Integrar el lenguaje de signos y el lenguaje escrito como medios para facilitar la comprensión de los ejercicios.
- 2.- Motivación. El sistema debe estar formado por ejercicios cortos en los cuales el interfaz de usuario resulte lo más atractivo posible, con la finalidad de mantener la atención de los niños y niñas sordos.
- 3.- Retroalimentación visual de los parámetros acústicos.
- 4.- Entrenamiento global. El sistema debe enseñar todos los parámetros del habla de manera global, y no entrenar cada dimensión de la voz de manera aislada.
- 5.- Presentación y análisis de los errores de pronunciación cometidos por el usuario junto a consejos para corregirlos. De esta forma el entrenamiento es algo menos abstracto que el simple acoplamiento de patrones gráficos.

Con el segundo objetivo trataré de comprobar la eficacia del sistema MARIUS. Mi propósito es responder a las siguientes preguntas:

- ¿Hay mejora en los aspectos suprasegmentales y en los fonemas vocálicos que son necesarios para la articulación?, por lo tanto, ¿se puede utilizar como sistema de apoyo a la intervención tradicional de los logopedas y las logopedas?
- ¿El programa mantiene el interés de niños y niñas a lo largo de las sesiones?

Los primeros capítulos pretenden exponer el estado de la cuestión de todos los temas antes mencionados (incluyendo cómo se construyó el sistema) y los cuatro últimos son la investigación propiamente dicha, desde la metodología empleada hasta la interpretación de los resultados y las últimas conclusiones.

**PRIMERA PARTE:
FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA**

CAPÍTULO I. LOS NIÑOS Y NIÑAS CON DISCAPACIDAD AUDITIVA Y LA LENGUA ORAL

En el aprendizaje del lenguaje oral de los niños y niñas con discapacidad auditiva es necesario hacer una reseña sobre determinados aspectos de esta población, que es necesario conectar ante la necesidad de adquirir un lenguaje. En este capítulo, mi intención es aproximarme al mundo de estas personas en todo lo relacionado con la comunicación, por ello se plantea en un primer momento el problema de la relación lenguaje-pensamiento; después haré un breve recorrido por el modo cómo representan el conocimiento estos niños y niñas, seguiré con algunas de las características de su lenguaje oral, para terminar de una manera más extensa en las directrices de intervención logopédica.

Soy consciente de las carencias de este capítulo, ya que se podrían comentar muchos más aspectos de esta comunidad, pero dada la variedad de temas de interés y la necesidad de hacer planteamientos claros en esta tesis, se hace necesario restringir los aspectos a tratar y, por lo tanto, se hace preciso que el lector o lectora ya esté familiarizada con el mundo de las personas sordas.

EL PROBLEMA DE LAS RELACIONES LENGUAJE-PENSAMIENTO Y LOS NIÑOS Y NIÑAS SORDAS

A la hora de acercarnos a la adquisición del lenguaje oral por parte de los niños y niñas sordas, nos encontramos con el enorme esfuerzo de los y las logopedas por intentar romper con el

mutismo que presentan, sobre todo en aquellos casos con un mayor grado de sordera.

Determinar cuál es el mejor método de enseñanza para estos niños y niñas ha sido motivo de polémica. ¿Realmente lo mejor es enseñar de forma exclusiva el lenguaje oral? ¿Parece conveniente enseñar un sistema alternativo de comunicación más natural y coherente con los problemas de esta población como puede ser el lenguaje de signos? ¿Resulta la elección más lógica la enseñanza tanto del lenguaje oral como del lenguaje de signos? (Furth, 1973; Meadow, 1980; Marchesi, 1998).

Estos planteamientos han supuesto un profundo estudio de los procesos cognitivos y de aprendizaje de los niños y niñas sordas, vinculándose con los problemas teóricos formulados acerca de las relaciones entre lenguaje y pensamiento (Vigotsky, 1934). El objetivo principal de estos estudios lo constituye el intentar comprender cómo las personas sordas desarrollan su inteligencia, dado que su lenguaje es más limitado o diferente, y como utilizan dicha inteligencia para comprender y organizar la información recibida (Marchesi, 1995).

A partir de los años setenta, muchos estudios llegaron a la conclusión de que la competencia cognitiva de las personas sordas resulta semejante a la de los oyentes en relación a aspectos cognitivos no verbales (Furth, 1973; Gregory, 1976). Esto puede implicar que las posibles deficiencias en el desarrollo cognitivo de las personas sordas se deba a problemas específicos del lenguaje, pero no necesariamente a problemas en cuanto a su capacidad intelectual (Wood, 1983).

Actualmente estos postulados se han ido matizando e incluso rectificando, considerando que los intercambios sociales y lingüísticos tienen una marcada influencia en el desarrollo cognitivo. El mundo se percibe, también, a través del lenguaje, lo que lo convierte en parte esencial del desarrollo cognitivo del niño. El lenguaje es una evolución de los primeros intercambios comunicativos y sirve tanto para comunicarse como para planificar y regular la acción humana (Marschark, 1993; Marchesi, 1995). Junto con esta nueva orientación se han abierto dos caminos importantes:

1. El interés por saber si en la capacidad de simbolización de los niños y niñas sordas encontramos los primeros retrasos que permiten explicar las diferencias cognitivas encontradas en edades posteriores.
2. La recuperación de las primeras expresiones gestuales y del lenguaje de signos como sistema de comunicación de las personas sordas.

REPRESENTACIÓN DEL CONOCIMIENTO EN LOS NIÑOS Y NIÑAS SORDAS

Si el lenguaje, además de la función básica de comunicación tiene otra como instrumento de pensamiento y organización mental, las peculiaridades de la adquisición del lenguaje en las personas sordas afectarán a aspectos de su representación mental (Silvestre, 1998):

1.- El lenguaje tiene una función esencial, junto con el juego simbólico y la imitación, en el inicio de la representación y formación de la función simbólica. Dado el carácter social de la simbolización y el papel preponderante del lenguaje en su formación, las personas sordas pueden tener dificultades en la formación de la función simbólica.

2.- Una cuestión clave lo constituyen los códigos que se utilizan para la representación mental de la información. Los códigos fonológico y semántico son prioritarios en las personas con dominio del lenguaje oral, teniendo las imágenes una función igualmente importante. El estudio de los códigos es muy importante en los niños y niñas sordas, puesto que permite observar la influencia que la falta de audición produce en estos niños y niñas, y cómo emplean unos códigos alternativos (visuales, dactílicos, vibro-táctiles...) a los de los oyentes. El predominio de un código u otro está en función de los factores educativos y del nivel del lenguaje adquirido (Conrad, 1979). De ahí que la lengua de signos sea aconsejable como primera lengua vehicular que, en situaciones de enseñanza-aprendizaje, facilite a los niños y niñas sordas el acceso al curriculum y a la/s lengua/s oral/es en su forma escrita y hablada (Fernández Viader, 1996).

3.- La función del lenguaje en la representación mental remite finalmente a la construcción de esquemas y modelos mentales, que el sujeto va elaborando para representarse los datos de la realidad de forma organizada, anticipando y guiando sus acciones. La reducción informativa que vive la persona sorda debe tener repercusiones importantes en el desarrollo de sus esquemas de conocimiento y en el progreso de los distintos tipos de aprendizaje (Silvestre, 1998; Marchesi, 1995).

EL LENGUAJE ORAL EN LAS PERSONAS SORDAS

Las consecuencias de la sordera sobre el desarrollo del lenguaje oral varían en función de las siguientes variables:

1.- Características individuales: grado de sordera, edad de aparición de la misma y desarrollo psíquico global (Juárez, 1988).

2.- Condiciones educativas (Silvestre, 1998):

a) Características familiares y escolares.

b) Educación específica seguida: momento de inicio de la intervención educativa, características, programación, etc.

3.- Factores socio-históricos (Silvestre, 1998):

a) Características de la lengua oral objeto de aprendizaje.

b) Los avances en las ciencias y sobre todo de la tecnología.

La combinación de dichas variables es determinante respecto al dominio del lenguaje oral que alcanza cada sujeto.

Aun teniendo esto en cuenta, queda claro que el proceso de adquisición del lenguaje oral en los niños y niñas sordas es muy

diferente al de los niños y niñas oyentes o al de las propias personas sordas en relación con el lenguaje de signos. Los niños y niñas sordas, especialmente si su tipo de sordera es profunda, se enfrentan a un difícil y complicado problema como es el tener que aprender un lenguaje que no pueden oír. Su adquisición no es un proceso espontáneo y natural, vivido en situaciones cotidianas de comunicación e interacción social, sino que resulta un difícil aprendizaje que debe ser planificado de forma sistemática por los adultos.

Gregory y Mogford (1981), realizaron un estudio, que es un clásico y que en su momento fue muy relevante, sobre el desarrollo del lenguaje oral en seis niños y niñas sordas, con pérdidas auditivas diferentes, obteniendo los siguientes resultados:

1. Los niños y niñas sordas necesitan más tiempo para pasar de la primera palabra a un vocabulario de 10 palabras.
2. La aparición de las primeras palabras es cualitativamente diferente.
3. La velocidad de incremento del vocabulario no aumenta significativamente a partir de poseer 50 palabras.
4. Los primeros conjuntos de palabras tienen relativamente menos palabras generales nominales (que denominan una particular clase de objetos o eventos) y más palabras personal-sociales (que son usadas en una relación social o para describir estados afectivos).
5. Las primeras 50 palabras tienen un mayor número de palabras acción (que describen una acción o demandan que una acción tenga lugar).
6. Las primeras 100 palabras tienen más modificadores (palabras que tienen funciones gramaticales).

Estas conclusiones han sido extraídas de los resultados obtenidos por los niños y niñas cuya sordera no era profunda y se presenta aquí por el interés de poner un ejemplo sobre dicho desarrollo. Estas diferencias entre niños y niñas sordas y niños y niñas oyentes serían todavía más acusadas si el grupo lo constituyeran niños y niñas sordas con pérdidas auditivas profundas. Además en esta última población (que interesa más a esta tesis puesto que los niños y niñas que constituyen la investigación, presentan en su mayoría sordera profunda) la adquisición del lenguaje oral se percibe mucho más compleja como consecuencia de las variables previamente comentadas, que de alguna manera van a determinar el desarrollo del lenguaje en función del niño o la niña en cuestión.

Tenemos que tener en cuenta que los comienzos de la comunicación y la adquisición del lenguaje oral están muy vinculados al desarrollo de las interacciones sociales, por lo tanto será ahí donde estos niños y niñas harán mayores esfuerzos.

En general, las investigaciones sobre capacidad comunicativa durante los primeros años de vida muestran un desarrollo pragmático mucho más normalizado en cuanto a intencionalidad comunicativa y de uso de las distintas funciones del lenguaje que algunos de los datos con los que contamos sobre la edad escolar y la vida adulta. De hecho, cuando van siendo mayores van teniendo más problemas en cuanto a cómo usan el lenguaje en el inicio, mantenimiento, cambio de conversaciones, etc.

INTERVENCIÓN LOGOPÉDICA DEL LENGUAJE ORAL EN PERSONAS SORDAS

Para la mayor parte de los sujetos afectados por sorderas profundas y especialmente en los casos de sordera severa, los mecanismos de adquisición del lenguaje oral y de comprensión del mismo se fundamentan en la organización combinada de las informaciones recibidas por las vías auditiva y visual (Silvestre, 1998).

Muchos de estos niños y niñas con pérdida auditiva tienen restos aprovechables, incluso para la comunicación oral (si ésta se desarrolla en buenas condiciones ambientales), ya sea por lo limitado de dicha pérdida o por su homogeneidad que deriva en una menor distorsión y, por tanto, en una mejor corrección protésica. Otros muchos niños y niñas disponen de unos restos que, si bien no les permitirán percibir ni la palabra ni los ruidos significativos, constituyen sin embargo, un complemento para la lectura labial (Juárez, 1988).

De cualquier manera, lo que sí resulta importante es que la intervención se inicie lo antes posible.

En los primeros tiempos en los que se comenzaron a hacer programas de intervención logopédica, la educación auditiva se realizaba a través de ejercicios muy específicos siguiendo un entrenamiento analítico bastante rígido, además de estar ligada a tecnologías menos sofisticadas que las actuales. En los años sesenta se elaboraron programas de “estimulación pasiva”, hoy prácticamente abandonados, donde se pretendía una especie de

“masaje sonoro” a base de ruidos filtrados, música (aparatos de Jouve o de Tomatis), etc. (Juárez, 1988).

Actualmente, los y las logopedas se basan en los mecanismos específicos de adquisición del lenguaje oral y de comprensión del mismo. Estos mecanismos se fundamentan, como ya se dijo anteriormente, en la organización combinada de las informaciones recibidas por las vías auditiva y visual (Silvestre, 1998):

1.- *Rentabilización de la audición residual*: esta depende principalmente del grado de pérdida auditiva, pero también de que se coloquen a tiempo los audífonos y del empleo apropiado de estos. También es importante el valor que el niño y la niña y su entorno social atribuyan a los mismos y del tipo de entrenamiento auditivo seguido.

El grado de pérdida auditiva determina el límite superior de percepción de la palabra por vía aérea; así una adaptación correcta de los audífonos permite a la persona afectada discriminar fonemas que no puede percibir sin audífono. Sin embargo, el que unas personas otorguen significado a lo que oyen y otras no, aún con el mismo grado de pérdida auditiva, depende en gran medida tanto del periodo evolutivo en el que se implementaron los audífonos como de la programación de la intervención reeducativa realizada. Las diferentes metodologías de educación auditiva están en continuo desarrollo debido no sólo a los avances teóricos de la lingüística y la psicopedagogía, sino también a los progresos de la tecnología que en la actualidad hace verdaderos esfuerzos para ayudar a estas personas. Uno de los más utilizados es el programa auditivo desarrollado por el método verbotonal que tiene como objetivo optimizar los restos auditivos utilizando el aparato

amplificador SUVAG a través del campo óptimo de audición del alumno y la alumna. También estimula la audición con los propios audífonos y sin ellos.

En la última década, los nuevos audífonos digitales han ido gradualmente ocupando un papel fundamental en el ámbito escolar y más concretamente reeducativo, ya que las mejoras subjetivas que aportan estas prótesis son muy superiores a las de tecnología analógica Valero y Gou (2003).

También con el avance de los implantes cocleares, se ha revalorizado la importancia de la educación auditiva. El implante coclear proporciona una gran sonoridad, pero requiere del aprendizaje de una nueva codificación de la información para que ésta sea funcional.

La mayoría de los programas auditivos se estructuran en las siguientes etapas (Gotzens y Marro, 2001):

- Detección: distinguir entre presencia/ausencia de sonido.
- Discriminación: comparar dos estímulos sonoros analizando semejanzas y diferencias entre ellos.
- Identificación: reconocer un estímulo verbal entre diversas alternativas.
- Reconocimiento: reconocer un estímulo verbal presentado en una lista abierta, con ayuda visual o sin ella.

Los programas que se proponen para el entrenamiento auditivo de implantados cocleares, incluyen también, además de lo

anteriormente expuesto, reconocimiento de frases, conversación e incluso conversación telefónica.

Hay un aspecto a tener en cuenta en la aplicación de cualquiera de las metodologías previamente señaladas, el hecho de facilitar el uso generalizado de las capacidades de audición en todas las situaciones de la vida cotidiana, ya que, aunque la optimización de los restos auditivos del niño y niña sorda tiene unos límites, en cambio, la aplicación de los restos auditivos en todas las situaciones de la vida cotidiana no debe tenerlos.

2.- *La lectura labiofacial* es la vía complementaria a la auditiva necesaria para la comprensión oral en las personas con sorderas severas y profundas. La lectura labiofacial utiliza el sentido de la vista intentando suplir la deficiencia auditiva, aunque lógicamente no puede proporcionar la precisión que ofrece el oído, es un método cómodo y rápido para estas personas. Aunque presenta grandes limitaciones, derivadas tanto de las condiciones materiales de la producción (distancia y posición de la cara del hablante, iluminación, características de su habla, ritmo y forma de articulación) como de las características de la propia lengua. En el dominio de la lectura labiofacial, hay personas que llegan a ser muy hábiles mientras que otras no lo son, y aunque las razones resultan, en parte, desconocidas, hay estudios que insinúan que las personas sordas con una buena competencia lingüística global tiene una mejor competencia en lectura labial (Cecilia, 2000).

Con respecto a los criterios educativos, existe la misma discusión, que con los modelos de comprensión de la lengua escrita, métodos que van de lo particular a lo general y viceversa (Silvestre, 1998).

La innovación de los procedimientos para ayudar al alumnado a mejorar su lectura labiofacial incorpora elementos procedentes de dos campos, la psicología y la lingüística (De Filippo y Sims, 1988). Estos criterios de innovación educativa se sintetizan en (Silvestre, 1998):

- a) Fomentar la introducción del niño y la niña en la lectura labiofacial durante el primer año de vida.
- b) Favorecer una metodología de aprendizaje motivadora e interactiva.
- c) Posibilitar la generalización de los aprendizajes en distintos contextos.
- d) Favorecer la toma de conciencia por parte del alumnado de sus estrategias y progresos en la lectura labiofacial.

La importancia que tiene un dominio de la lectura labiofacial para la competencia de las personas sordas, tanto para el lenguaje oral como el escrito hace indispensable innovar nuestras intervenciones educativas para hacerlas más eficaces.

3.- *Los programas de desarrollo fonológico:* En el desarrollo fonológico se distinguen los aspectos segmentales del habla que se refieren al sistema de fonemas vocálicos y consonánticos, y suprasegmentales como son la entonación, acento y ritmo del habla. Ambos están dañados en las sorderas prelocutivas, profundas y severas, como también lo está la calidad de la voz (intensidad, duración, etc.). Se establece una estrecha relación entre el ritmo y calidad del desarrollo fonológico logrado y los niveles de competencia obtenidos en relación a los mecanismos de comprensión del lenguaje oral, auditivo y visual.

Consecuentemente, diferentes factores, entre los que destacan por su importancia los educativos, influyen en el desarrollo tanto de los aspectos segmentales y suprasegmentales del habla como en la calidad de las emisiones. Estos aspectos van a resultar especialmente relevantes en esta tesis, debido a que lo que realmente pretende el sistema MARIUS es la mejora de la articulación fonológica con la consecuente idea de mejorar la inteligibilidad del habla de estas personas.

El sistema MARIUS trata de ayudar en la comprensión de los elementos segmentales (fundamentalmente vocálicos) mediante la utilización de la retroalimentación visual. En términos generales, la comprensión de los elementos segmentales del habla dependen tanto de la lectura labiofacial que favorece los elementos de discriminación entre los diferentes fonemas en función del punto de articulación (en cuanto a los fonemas vocálicos, se refiere a la parte de la boca donde se articulan, pueden ser anteriores /e/, /i/, medio o central /a/ o posteriores /o/, /u/; en relación a los fonemas consonánticos corresponde al lugar donde toman contacto los órganos que intervienen en la producción del sonido, por ejemplo, si para producir un sonido entran en contacto los dos labios, se crearan sonidos bilabiales, siendo el caso de los fonemas /p/, /b/ y /m/) como de la discriminación auditiva, que permite diferenciar según el modo de articulación a los fonemas vocálicos en aquellos de abertura máxima o abiertos (/a/), abertura media o semiabiertos (/e/, /o/) y de abertura mínima o cerrados (/i/, /u/), y a los fonemas consonánticos en oclusivos, fricativos, africados, laterales o vibrantes.

Es importante insistir en lo que supone un desarrollo fonológico precario en las persona sordas:

a) Por la pobreza de la inteligibilidad de la emisión oral, incluso en los casos en que el sujeto ha desarrollado un buen nivel de lenguaje oral, desde el punto de vista morfosintáctico y semántico, si el desarrollo fonológico es deficiente sus relaciones con el mundo de los oyentes se encuentran perjudicadas.

b) Por la adopción de un sistema fonológico defectuoso que plantea la cuestión de la función del habla interna; varios estudios han mostrado la importancia del papel de la interiorización del código fonológico en la memoria verbal y, principalmente en los procesos lectores para el análisis y asociación grafema - fonema.

Existe una gran diversidad interindividual en el desarrollo fonológico de los niños y niñas sordas en función tanto del grado de sordera como de las condiciones educativas. El uso adecuado de las prótesis auditivas y una educación auditiva temprana facilita, por ejemplo en el caso del alumnado con sordera severa o aquellos afectados en las primeras categorías de sordera profunda, respetar los elementos suprasegmentales del habla.

Silvestre (1998) menciona que la mayoría del alumnado sordo español, incluyendo sordos profundos, han desarrollado ya todo el sistema fonológico hacia los 6 años aproximadamente, pero ello no quiere decir que no comentan omisiones, sustituciones o distorsiones de los fonemas en su lenguaje oral espontáneo, incluidos los sonidos vocálicos, lo cual, junto a las dificultades para respetar la prosodia complican la inteligibilidad de su emisión oral. Aunque en un primer momento el sistema MARIUS se desarrollo con la idea de ayudar en la desmutización de estas

personas. Posteriormente, comprobamos que podía ayudar quizás mejor a aquellas personas que una vez cumplimentado su desarrollo fonológico no habían alcanzado la inteligibilidad en su habla necesaria para que pudieran comunicarse sin problema.

Las distorsiones fonéticas que cometen la mayoría de los niños y niñas con sorderas profundas, suelen ser, por lo general, parecidas a las que cometen los niños y niñas oyentes más pequeños (por ejemplo, omiten con frecuencia la consonante inicial de palabra, sin embargo resuelven este problema enseguida, mientras que no resulta así en el caso del niño y la niña sorda, que tarda más tiempo o incluso no llega a resolverlo). En general la emisión oral de los niños y niñas sordas es mucho más lenta que la de los oyentes. Ello se debe tanto a las dificultades para respetar los aspectos suprasegmentales como a otro tipo de distorsiones; epéntesis (adición de fonemas dentro de la palabra), por ejemplo, “otoro” por “otro”, “palato” por “plato”, o al alargamiento o distorsión de las vocales que provoca el que se alteren o deformen las palabras emitidas.

En conclusión, aunque no todas las personas sordas llegan a una óptima interiorización mental del sistema fonológico, parece que, cuando ocurre, constituye una base determinante para el progreso de la memoria verbal y la lengua escrita.

Dada la estrecha relación entre audición y lenguaje, el programa de educación auditiva debe elaborarse tras un análisis detallado del rendimiento auditivo funcional del alumnado, así como de su nivel fonético y lingüístico. En definitiva, los objetivos del plan de trabajo de adquisición del lenguaje oral son la guía pedagógica del programa de educación auditiva.

4.- *Programas para la adquisición de reglas morfosintácticas.*

Las personas sordas profundas prelocutivas presentan un retraso significativo con respecto a las personas oyentes en el dominio de las reglas morfosintácticas (como ocurre en general con el lenguaje oral) aunque en este aspecto tampoco encontramos unanimidad en la población sorda. Por tanto señalaré una serie de datos presentes en la mayoría de los casos de esta población:

a) Existen importantes diferencias entre el alumnado sordo y el oyente respecto a la comprensión de estructuras sintácticas. En el caso de los alumnos y alumnas sordas debido a la falta de exposición auditiva carecen de práctica con la estructuración sintáctica (debido, obviamente, a su falta de exposición auditiva).

La asimilación de las reglas morfosintácticas es el cimiento fundamental de la programación logopédica que se persigue que adquieran los alumnos y alumnas sordas en edad escolar. Muchos estudios han señalado que la utilización de las oraciones en voz pasiva o ante las explicaciones a través de frases subordinadas en las que el sintagma nominal más próximo se une al verbal, provoca en el alumnado sordo interpretaciones erróneas, consecuencia básica del uso generalizado que realizan de la estructura sujeto-verbo-objeto (SVO).

Bishop (1983) aporta datos en cuanto al uso excesivo de la estructura sujeto-verbo-objeto (SVO) como estrategia utilizada por las personas sordas en el caso de la interpretación de las frases pasivas en voz activa, junto a otras estrategias, como la de interpretar afirmativamente frases negativas.

Finalmente, los niños y niñas sordas presentan la peculiaridad a la hora de interpretar el lenguaje oral de no tomar en consideración las palabras llamadas “funcionales” (conjunciones, pronombres, preposiciones...) con lo cual no se entiende o se entiende erróneamente el mensaje.

b) En lo referente al análisis de la producción oral, se advierte que al igual que ocurre con la comprensión también aquí hay una tendencia a omitir estas palabras “funcionales” y por el contrario se concede, más relevancia a las de “contenido” (como son los nombres y los verbos). Por lo tanto les resulta muy difícil conseguir la utilización de estructuras sintácticas que no sean simples, caracterizándose su discurso por un lenguaje excesivamente telegráfico y rígido.

Silvestre y Laborda (1996) aportan un estudio donde afirman que se producen más fallos de tipo sintáctico que morfológico.

En el orden sintáctico, los errores más frecuentes son:

- La falta de estructura gramatical sintagmática en la frase. La mayoría de las producciones cuentan con un grado de inteligibilidad suficiente para transmitir un significado; obviamente, hay un margen de subjetividad según el grado de interpretación y la propia aportación del receptor en la comprensión de un mensaje que desde el punto de vista lingüístico es parcialmente correcto o está falto de componentes.
- Otro tipo de error frecuente es la omisión del verbo.
- Otros errores son los que se cometen por omisión o mal uso de nexos, incluyendo determinantes y

preposiciones. En este tipo de errores se incluyen: los referentes a la conexión de las frases (en muchos casos esta es inexistente o errónea), y el mal uso de determinantes, conjunciones y preposiciones.

- Y por último, otros errores que suelen estar presentes en las producciones de los niños y niñas sordas son: el uso indebido de palabras, o un mal uso en general del infinitivo y la omisión de verbos y pronombres reflexivos.

Respecto a los aspectos morfosintácticos, se destaca como errores más comunes, los de falta de concordancia tanto en el número y género como de persona y verbo.

Otras investigaciones manifiestan que el lenguaje oral de las personas sordas, en relación al dominio de las reglas sintácticas, resulta distinta de las de los niños y niñas oyentes de menor edad que se encuentran aproximadamente en su mismo nivel lingüístico. Los niños y niñas sordas utilizan construcciones sintácticas más complejas que estos niños y niñas oyentes de menor edad, pero, a la vez, cometen muchos más errores (Geers y Moog, 1978). Esto nos hace pensar en cómo aprende la estructura sintáctica el alumnado sordo. Encontramos que este aprendizaje se realiza en situaciones especiales de intervención logopédica (esta situación de aprendizaje parece la idónea, ya que implica la comprensión de la regla y conlleva procedimientos metalingüísticos, aunque la persona debe generalizar el aprendizaje a otras situaciones). O bien en situaciones naturales por imitación (pero en este caso los niños y niñas no siempre, aunque se estén expuestos a la estructura, la adquiere plenamente según las reglas que la rigen). En ambos casos, las reglas sintácticas aprendidas necesitan un tiempo y posiblemente

revisiones por parte del/la logopeda para que se consoliden plenamente.

Me parece acertado tener en cuenta algunas sugerencias cuando se planifica la intervención (Puyuelo, Torres, Santana, Segarra y Vilalta ; 2001):

- Partir de las estructuras gramaticales que el niño utiliza, afianzarlas y mejorarlas.
- Asegurar la comprensión al introducir estructuras que todavía no domina.
- Descubrir el funcionamiento de las reglas sintácticas mediante la manipulación de los elementos que componen las frases.
- Consolidar los aprendizajes en situaciones funcionales comunicativas.

Como conclusión, se destacan tres cuestiones:

- a) La constatación del retraso que afecta a gran parte de niños y niñas sordas prelocutivas, junto a los errores específicos, como la omisión de las palabras funcionales o la perseverancia de los errores.
- b) La dificultad para categorizar las conductas verbales retrasadas o claramente desviadas.
- c) La influencia que tienen las programaciones logopédicas dirigidas a estos errores expuestos, en la organización sintáctica que utilizan los sujetos sordos.

5.- *Programas para el desarrollo semántico* (adquisición del significado de las palabras). Hay pocos estudios que expliquen o estudien el modo en que establecen los niños y niñas sordas las relaciones semánticas. Al igual que ocurre con la organización y la relación entre las partes del discurso oral que se realiza. Sin embargo, son conocidos los problemas que presentan estos niños y niñas para comprender una narración oral sencilla.

El aspecto que más se ha estudiado es el léxico. Las personas con sordera profunda prelocutiva no se apropian del vocabulario por ellos mismas, sino que al menos en los primeros estadios adquieren el significado de las palabras en contextos exclusivos de aprendizaje formal, es decir, son los adultos los que les revelan su significado. Así pues, estos niños y niñas están menos expuestos al lenguaje oral por lo que tienen más problemas para generalizar el uso de las palabras aprendidas, ya que recibe menos *inputs*. Por otra parte, este proceso de adquisición del lenguaje oral se realiza en contextos muy determinados, con lo cual, la enseñanza de la definición de palabras se ve también perjudicada.

Como consecuencia la adecuación de la palabra al significado que representa puede ser más lento en el alumnado sordo, y por lo tanto aparecen los fenómenos de sobreextensión (aplicación de la palabra a un campo semántico más amplio del que le corresponde) o de subextensión (limitación a un campo semántico más restringido).

Teniendo esto en cuenta, se sugieren algunas líneas de actuación para la intervención educativa:

- Emplear oraciones fluidas variando su longitud.

- Incluir palabras que faciliten la retención de los conceptos (palabras con alto contenido gráfico)
- Facilitar la comprensión del léxico añadiendo información adicional a las palabras que puedan presentar dificultades (notas, observaciones, sinónimos, antónimos, etc.)
- Seleccionar el léxico que deben adquirir los alumnos y alumnas en función de su entorno, sus intereses y necesidades.
- Aumentar la dificultad progresivamente introduciendo al principio palabras nuevas junto con otras conocidas para pasar, de forma gradual, a actividades más abiertas.
- Presentar el vocabulario nuevo en diferentes contextos para facilitar la generalización.
- Trabajar conjuntamente la escuela y la familia en los contenidos que se van trabajando para poder relacionarlos, aprenderlos y generalizarlos en el contexto real.

6.- Programas para el desarrollo pragmático (del uso) del lenguaje:

Aunque hay muy pocos estudios sobre desarrollo pragmático en personas sordas, en general, las investigaciones apuntan a un desarrollo mucho más normalizado en las primeras etapas de vida, en cuanto a comunicación intencional y uso de las diferentes funciones del lenguaje, que en etapas posteriores como la escolar y la vida adulta, en las cuales se muestran menos hábiles (Bodner-Jonson, 1991).

Autores como Booth, Derikson y Randolph, establecen seis objetivos principales que presiden los ejercicios pragmáticos que proponen para la interacción:

- Saber mantener el tema de una conversación. Ser capaces de seguir el hilo y descubrir cuándo termina o cambia de tema.
- Saber explicar de forma pertinente formulas para iniciar, mantener, terminar o señalar cambios en la conversación.
- Saber reconocer y aplicar cambios de registro.
- Usar formas sintácticas concretas para transmitir información pragmática.
- Usar matices en función del interlocutor o del contenido de la conversación.
- Hacer uso de la comunicación no verbal.

Los aspectos básicos que han de tenerse en cuenta en la práctica de las actividades son las siguientes (Puyuelo, Torres, Santana, Segarra y Vilalta, 2001):

- Saber crear un espacio favorecedor de una comunicación real y manifestar de forma verbal y no verbal interés por lo que el niño y la niña quiere contar.
- Mostrar una actitud de respeto hacia las producciones del niño y la niña. Esto significa valorar positivamente sus esfuerzos por comunicar, pero no premiar sistemáticamente una verbalización si ésta no es realmente adecuada dentro del contexto.

- Partir de situaciones de comunicación real, hablar *con cosas* y *de cosas* ante las cuales el niño o la niña tiene ganas de decir algo.
- Respetar el turno del niño o la niña y conocer su tiempo de respuesta. Dejar espacios de silencio para que el niño o la niña conteste y no llenar “su tiempo” con las producciones del adulto.
- Conocer la influencia que pueden ejercer las preguntas del adulto en una conversación.
- Intentar no juzgar bajo el criterio de respuestas correctas o incorrectas, sino aceptar cualquier interpretación o expresión de este alumnado y analizar el por qué de su respuesta.

A MODO DE CONCLUSIÓN

En este capítulo he tratado de reflejar la situación de la comunidad sorda en cuanto a sus problemas con la lengua oral. Las enormes dificultades para comprender y producir mensajes orales, que obviamente tiene repercusiones en su desarrollo integral, ya que tanto el desarrollo cognitivo y socio-afectivo, como los aprendizajes escolares y la posterior entrada en el mundo laboral y social están supeditados en nuestra cultura al hecho de contar con un código comunicativo que permita establecer relaciones sociales y acceder a la información. La logopedia actual se plantea respetar y potenciar su lengua natural (la lengua de signos) a la vez que desarrollar e intervenir para que aprendan la lengua oral y así romper el aislamiento al que están sometidos.

En todo planteamiento de intervención logopédica, es básico considerar las diferencias individuales que en el desarrollo comunicativo presenta esta población, teniendo, por tanto, en cuenta las características educativas que muestren cada uno de ellos y ellas.

CAPÍTULO II. LAS TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN Y LA COMUNICACIÓN (TIC): “Una herramienta privilegiada para tratar la información”

Es bien sabido las dificultades que niños, niñas, jóvenes y adultos encuentran, no solo para dar sentido, sino para poder vivir una mínima vida autónoma, en un mundo que no pueden ver, oír o tocar. La importancia de la percepción, de las actividades sensorio-motrices, de la manipulación, de las conductas de exploración del entorno, de la comunicación cara a cara en el desarrollo de la cognición y de las emociones son muy conocidas y estudiadas.

El lenguaje y la comunicación son dos factores clave para el desarrollo de las capacidades cognitivas de orden superior. De este modo, a pesar de que los niños y niñas sordas, no presenten ningún otro problema asociado, tienen un potencial de desarrollo semejante al de los oyentes, en el caso de las operaciones formales, caracterizadas por el pensamiento hipotético deductivo, los y las adolescentes sordas manifiestan un mayor retraso, pudiendo, incluso, no llegar a este estadio. Las mayores dificultades del desarrollo cognitivo se sitúan en la esfera de las representaciones simbólicas; la autorregulación y la planificación de la conducta mediada del lenguaje (Marchesi, 1990), como ya se vio en el capítulo 1. Esta limitación comunicativa tiene una influencia determinante en la construcción emocional de las personas que padecen grados profundos de sordera (Sancho, 2001).

En cualquier caso, aparte de los factores de carácter individual, el papel de la familia, la escuela, la comunidad y la sociedad ante las necesidades especiales es de vital importancia. Esta actitud se manifiesta tanto en el comportamiento cotidiano de la gente, como en el sistema de ayuda a la que la familia o a la persona afectada puede acceder.

Las culturas que han propiciado una mentalidad de aceptación y reconocimiento de las personas con necesidades especiales han ido desarrollando diferentes tipos de herramientas, estrategias e instrumentos para facilitar su relación con el mundo. Sistemas de signos, lenguaje Braille, sillas de ruedas electrónicas, ordenadores, periféricos y programas para responder a diferentes necesidades, se han ido desarrollando y utilizando a manera de prótesis físicas, cognitivas y, por qué no, emocionales, para explorar el mundo y comunicarse con él. Los sistemas informáticos o las TIC representan un intento más de facilitar la integración de estas personas en la sociedad (Sancho, 2001:24).

La idea de considerar las herramientas, construcciones técnicas y psicológicas sólo presentes en la especie humana, no sólo como un indicador de la evolución de un grupo, sino como potenciadoras de las propias capacidades de desarrollo de los individuos, tiene una larga historia.

LAS TICS UNA PUERTA A LA COGNICIÓN

La historia de la educación narra el proceso, no siempre acumulativo, de producción, desarrollo y utilización de sistemas tecnológicos simbólicos y organizativos con el fin de intentar que

una población cada vez más numerosa de personas, con características, capacidades y necesidades diferentes, tenga la posibilidad de adquirir unos conocimientos y desarrollar unas habilidades difíciles de asimilar e incrementar sin una intervención o mediación planificada (Sancho, 2001). En este sentido,

“...existe una larga tradición en el uso de recursos tales como los libros y los lápices para aumentar nuestra capacidad mental y el ordenador es la última aportación a esta lista de herramientas” (Underwood y Underwood, 1990: VIII).

El aprendizaje despierta una serie de procesos evolutivos internos capaces de operar sólo cuando el individuo está en interacción con las personas de su entorno y en cooperación con algún semejante. Una vez interiorizados, estos procesos se convierten en parte de sus procesos evolutivos. Desde este punto de vista, el aprendizaje no equivale a desarrollo; no obstante, el aprendizaje organizado se convierte en desarrollo mental y pone en marcha diversos procesos evolutivos que nunca podrían darse al margen del aprendizaje. El proceso evolutivo va a remolque de los procesos de aprendizaje; esta secuencia es lo que se convierte en zona de desarrollo próximo, en:

“ La distancia entre el nivel real de desarrollo, determinado por la capacidad de resolver independientemente un problema, y el nivel de desarrollo potencial, determinado a través de la resolución de un problema bajo la guía de un adulto o en colaboración con otro compañero más capaz” (Vygostki, 1979:133) ... o

“con la colaboración de un sistema informático” (Sancho, 2001:27).

Desde una perspectiva vygostkiana, el ordenador es la herramienta que aúna todas las características de los signos, los instrumentos psicológicos y las técnicas. Es decir, *“la herramienta cognitiva por antonomasia”*. Esta visión, y la utilización del ordenador en el entrenamiento militar, que fue la primera iniciativa de uso de este instrumento como extensión o amplificación de la capacidad humana para tratar la información y resolver problemas, han llevado a depositar expectativas sin precedentes en esta herramienta. Sin embargo, las cuestiones que quedan por responder son muchas. ¿Que el ordenador sea capaz, si alguien lo programa, de realizar una serie de tareas, algunas “muy inteligentes” y laboriosas, significa que automáticamente vaya a aumentar las capacidades de quienes lo utilizan? ¿En qué condiciones? ¿De qué manera? Aunque primero tendríamos que preguntarnos ¿qué hace del ordenador una herramienta tan potente y singular?

EL ORDENADOR COMO HERRAMIENTA PRIVILEGIADA PARA TRATAR LA INFORMACIÓN

El ordenador, en síntesis, realiza las siguientes funciones (Sancho, 2001:28):

1. Traspasar información entre él y el mundo exterior
2. Almacenar y mover datos
3. Combinar datos

4. Efectuar operaciones lógicas

Pero, lo más importante es que realiza estas funciones con gran rapidez y precisión. Es automático, una vez que ha sido programado para realizar una tarea puede llevarla a cabo una y otra vez sin la intervención humana. Estas características de rapidez, automatismo y laboriosidad, unidas a las cuatro funciones básicas que puede realizar un ordenador son los componentes fundamentales de la versatilidad de este sistema. Sistema que es el resultado de la relación de dos subsistemas: el soporte físico (*hardware*) y el soporte lógico (*software*).

Me voy a centrar más en el soporte lógico ya que mi objetivo en esta tesis es la evaluación de un *software*. Quizás por su intangibilidad (no se puede ver ni tocar), suele ser el gran desconocido. Bajo esta denominación se engloban todos los programas (conjunto de instrucciones que le indican a el ordenador como realizar un trabajo) diseñados para ser ejecutados por la máquina. Este subconjunto del sistema informático está integrado por el soporte lógico de base (sistemas operativos) y el soporte lógico de aplicación. Los sistemas operativos están constituidos, a su vez, por una serie de programas escritos que sirven de enlace entre los programas escritos por un programador, con el fin de realizar un determinado trabajo, y los elementos del soporte físico.

El soporte lógico de aplicación se refiere a todo conjunto de programas diseñados para resolver problemas específicos, desde enseñar a sumar, hasta dar la palabra (mediante el control de un sintetizador de voz) a personas con problemas de fonación. A su vez, el soporte lógico de aplicación se subdivide en programas de

aplicación estandarizadas (u horizontales), tipo editores de textos, bases de datos o herramientas de construcción de sistemas expertos, y en programas de aplicaciones a medida, por ejemplo los de enseñanza asistida por ordenador (ejercitación, simulación, resolución de problemas, etc.).

Es evidente que el uso de las TIC ha ampliado de forma sustancial las posibilidades de comunicación oral y escrita, cara a cara o a distancia, de un colectivo importante de personas con dificultades motóricas, de visión o de audición (este último caso sería la línea del sistema MARIUS). Su utilización les está posibilitando una interacción con su mundo y la realización de unos aprendizajes impensables para ellos hace unos pocos años. Esto, a la luz de las aportaciones de Vygotski, puede suponer importantes transformaciones en el desarrollo de sus procesos cognitivos (y también emocionales y sociales). Sin embargo, el uso de esta herramienta no resuelve el tema de la construcción del significado en el caso de las personas con necesidades educativas especiales, ni tampoco da respuesta a los problemas de relación, integración social y afectividad que suelen enfrentar.

Posibilita unas actividades de expresión, de comunicación y de aprendizaje, pero su contribución a la cognición y al desarrollo, no resulta patente y requeriría muchos más estudios e investigaciones.

De todos modos, para las personas con necesidades especiales, las TIC se configuran como signos (estímulos artificiales o autogenerador) y, a la vez, herramientas psicológicas y técnicas que pueden utilizar para controlar su propia actividad, la de los demás y la de su entorno, por lo que su utilización puede proporcionarles el desarrollo de procesos impensados ya que el sistema de signos utilizado reestructura todo el proceso psicológico del niño y niña o del adulto, al tiempo que reconstruye

el proceso selectivo sobre una base totalmente nueva, mientras los procesos mentales se entienden mediante la utilización de los instrumentos y signos que actúan como mediadores.

VARIABLES CRÍTICAS EN EL DISEÑO DE LA ENSEÑANZA EN TECNOLOGÍA DE LA EDUCACIÓN ESPECIAL

El hecho de identificar el impacto que las variables críticas tienen en la enseñanza conlleva implicaciones potencialmente significativas para cualquier proceso de diseño, ya que estas características podían añadirse o substraerse de los programas de educación asistida por ordenador para estudiantes con discapacidad. Al menos, desde los años ochenta a mitad de los noventa, muchos pensaban que las características podían contener importantes criterios para juzgar la calidad global de los programas de ordenador y que esos criterios, a su vez, podían influir en el diseño de programas comerciales para alumnado con discapacidad.

Estas variables según Woodward, (2001:49-54) son:

a) La retroalimentación: La investigación no tecnológica en educación especial ha identificado diferentes formas de retroalimentación como variables claves del diseño de la enseñanza para las y los estudiantes con discapacidad. Entre ellas encontramos:

- *La retroalimentación como información redundante*: Torgensen et al. (1988) llevaron a cabo una

serie de experimentos sobre el efecto de la síntesis de voz como una forma de retroalimentación. Estaban particularmente interesados por las diferentes prestaciones del ordenador para procesar información de distinta índole (gráficos, sonido, imagen fija y animada y texto) y sus efectos en el comienzo de la decodificación en el proceso de la lectura.

Estos mismos autores encontraron que el alumnado al que se le enseñaba a decodificar con tres representaciones diferentes en el ordenador; sólo visual (una representación pictórica de la palabra y la palabra), audiovisual (una representación pictórica, la pronunciación sintetizada de la palabra y la palabra) y sólo audio (la pronunciación sintetizada de la palabra y la palabra), mostraban mejoras comparables en los niveles de velocidad y corrección, al menos al ser contrastadas con una condición de no tratamiento. Además, el número de sesiones requeridas para alcanzar el dominio de las palabras era similar.

Estos estudios tienen implicaciones para realizar hipertextos y programas multimedia. Aunque, la forma en la que el alumnado utiliza el hipermedia es un tema de investigación por sí mismo, poco estudiado en la educación especial.

- *La retroalimentación simple:* La utilización del ordenador para facilitar retroalimentación correctiva simple ha producido resultados tanto a favor como en contra. Para las habilidades de bajo nivel tales como memorizar el deletreo de las palabras, la investigación ha demostrado que la retroalimentación inmediata “correcto/incorrecto” es mas efectiva que si el alumnado recibe una retroalimentación aplazada al final de la clase o al día siguiente (MacArthur, Haynes, Harris y Owings, 1990). Otros estudios (Lin, Podell y Rein, 1991)

contradicen el destacado valor de la retroalimentación basado en el ordenador, sugiriendo que para tales tareas de conocimiento declarativo simple, como memorizar palabras de un vocabulario o hechos matemáticos, las y los tutores humanos son más sensibles a las necesidades individuales, siendo más capaces de ofrecer una retroalimentación de mayor precisión y más directamente relacionada con la tarea y podían mantener un mayor nivel en la implicación del alumnado durante las sesiones de ejercitación.

- *La retroalimentación compleja:* Tampoco queda claro hasta qué punto el ordenador puede ser un mecanismo efectivo para proporcionar formas más complejas de retroalimentación, y parece depender de la naturaleza de la tarea. Para tareas simples, los intentos de aumentar la eficacia y la autoestima a través de comentarios positivos (por ejemplo, lo estás haciendo muy bien, te estás esforzando mucho,..) pueden perder fuerza en un enseñanza pensada desde el inicio o de forma progresiva a medida del nivel de competencia del alumnado.

Por otra parte, Collins, Carnine y Gersten (1987), encontraron que la retroalimentación compleja o estratégica era muy efectiva en la enseñanza de estudiantes de educación secundaria con dificultades de aprendizaje en tareas como por ejemplo elaborar conclusiones a partir de dos frases tomadas como evidencias y determinar si un silogismo de tres afirmaciones era lógicamente correcto o incorrecto. En este caso, los investigadores modificaron el tipo de retroalimentación sin modificar el resto de las características de la enseñanza. Elaborar la retroalimentación para los errores (por ejemplo, la retroalimentación que da la respuesta correcta y recuerda la

razón o la estrategia para determinarla) era mucho más efectivo que decir simplemente, “correcto/incorrecto”. Para una tarea con desafío, y no una artificial como los silogismos lógicos, la retroalimentación compleja puede ser una variable efectiva para incrementar el logro del alumnado.

b) Práctica masiva y distribuida: Otra variable del diseño educativo directamente relacionada con la práctica de las habilidades básicas tiene que ver con la cantidad y la distribución de la nueva información. Como psicólogos cognitivos y educadores Pellegrino y Goldman (1987) han argumentado que la automatización en las destrezas básicas permite dedicar los limitados recursos cognitivos a otras tareas más complejas.

En el programa de Hasselbring, Going, y Bransford (1988), primero se le presenta al alumnado un pretest con un conjunto de hechos matemáticos. Cuando se ha establecido la serie desconocida de hechos matemáticos, el programa introduce de forma gradual hechos más difíciles en función del tamaño de los anexos. La cantidad de práctica sobre nuevos hechos se controla con cuidado, no más de dos hechos nuevos y sus contrarios a la vez. Finalmente, la práctica es sistemática, con hechos nuevos o clave intercalados con hechos conocidos. La investigación realizada utilizando programas informáticos comerciales en los que estas características no están consideradas sugiere que el alumnado se aficiona a recordar estrategias alternativas tales como contar en lugar de recuperar directamente los hechos matemáticos (Bahr y Rieth, 1989).

c) Estrategias explícitas: Cuando el alumnado se implica en tareas que van más allá del nivel de ejercitación repetitiva, es fundamental que utilice alguna forma de planificación, evaluación

y seguimiento metacognitivo. Desafortunadamente, estas tareas no suelen estar presentes en la enseñanza del alumnado con dificultades de aprendizaje (Pressley, Goodchild, Fleet, Zajchowski y Evans, 1989). Una falta de habilidad general para mediar la enseñanza ha llevado a las y los profesionales de la educación especial a proponer variedad de técnicas vitales de enseñanza, desde habilidades metacognitivas de amplia aplicación a estrategias muy específicas de determinado contenido. A pesar de las distintas interpretaciones de esta enseñanza, en la bibliografía los y las profesionales de educación especial están, en general, de acuerdo en que las estrategias hay que enseñarlas de forma explícita, y que la enseñanza con éxito requiere centrarse tanto en la práctica como en el seguimiento a largo plazo. Estas estrategias explícitas han caracterizado una parte de la investigación tecnológica en educación especial y, al igual que sucede en el debate más amplio en este campo de estudios, cubre el conjunto de orientaciones sobre estrategias que considera desde las tareas muy específicas a las aproximaciones más generales.

d) La motivación: Aunque suelen reconocer que el alumnado con dificultades de aprendizaje tiene carencias considerables en las habilidades básicas, los y las profesionales de la educación especial también señalan que la motivación es un factor clave que influye en sus actuaciones. Su argumentación se basa en asegurar que el alumnado se beneficiará de las variables discretas del diseño de enseñanza mencionadas anteriormente y conseguirá altos niveles de destreza en los entornos de la enseñanza asistida por ordenador. De hecho el sistema MARIUS (objeto de esta tesis) plantea en su base la importancia de fomentar el interés en la tarea para conseguir los objetivos propuestos.

LAS TICS, ¿LA PANACEA DEL NUEVO SIGLO?

En los últimos veinte años, las TICs se han mostrado como una panacea para el aprendizaje escolar y el desarrollo cognitivo. Sin embargo, los estudios e investigaciones que aporta Sancho (2001), y que se han venido realizando hasta el momento no han proporcionado pruebas definitivas ni sobre la ganancia cognitiva de aquellos que la utilizan (Delval, 1986; Krendl y Liberman, 1988; Beynon y Mackay, 1993; Dillon y Gabbard, 1998), ni sobre la mejora de las situaciones de aprendizaje en el contexto escolar (Self, 1985; Straker, 1986; Pelgrum y Plomp, 1991): Incluso en las aplicaciones de los sistemas tutoriales inteligentes en los que se ha invertido un volumen de recursos considerable, Regian y Shute (1992:10) afirman que:

“Aunque sea correcto decir que la mayoría de los estudios de evaluación publicados hasta hoy han mostrado efectos positivos, esto es erróneo. En los estudios de intervención instructiva existe un prejuicio selectivo para publicar sólo las intervenciones efectivas. Además, las evaluaciones controladas de sistemas tutoriales inteligentes no se dan a menudo, a pesar de que existan muchos textos publicados sobre el diseño y desarrollo de sistemas tutoriales inteligentes. Un análisis de estos relatos muestra que estos programas se diseñan a menudo de forma azarosa, la gama de dominios en los que se han construido es bastante restringida, y la realización de los componentes del sistema está guiada a menudo más por la intuición que por la teoría. Si la actual generación de sistemas tutoriales inteligentes hubiese estado sujeta a una evaluación controlada, los resultados probablemente serían diferentes.”

Puede que el problema radique en pensar en estas tecnologías como un “jarabe-que-todo-lo-cura”. Aunque, sin duda alguna, están ayudando a favorecer cambios importantes en el aprendizaje escolar. Y además se están utilizando actualmente como herramientas para la comunicación en la ayuda a personas con necesidades educativas especiales que, sin ellas, no podrían expresarse, trabajar o aprender.

Las condiciones para que esta herramienta llegue a influir, de forma positiva, en todos y cada uno de los individuos que la utilicen, no sólo dependen de que les facilite el aprendizaje y la comunicación, sino de lo que cada uno de ellos llegue a interiorizar y a formar parte de su propia manera de estar y enfrentarse al mundo.

Las temáticas que suscitan la utilización de estas tecnologías en el proceso educativo de las personas con necesidades especiales son las mismas que se dan para todos los demás, a las que habría que añadir las derivadas de las adaptaciones de los soportes físicos y lógicos necesarios para cada problemática específica. Esto dificulta de forma extraordinaria no sólo la generalización de su uso, sino, y sobre todo, el análisis de las consecuencias del mismo.

Autoras como Alba (1994:48) comentan:

“Estamos ante un verdadero recurso educativo que puede suponer el acceso a la educación para muchas personas y, con ello, en muchas ocasiones el acceso a contextos sociolaborales impensables”

Esta misma autora resume los usos actuales de estas tecnologías de la forma siguiente:

- a) Recursos para la comunicación y con ello, para la participación activa, en la escuela y en la sociedad.
- b) Recursos para el aprendizaje cómo vías de accesibilidad a situaciones de enseñanza y aprendizaje.
- c) Como alfabetización informática.
- d) Recursos para la adquisición de conocimientos.

En definitiva, la contribución de la TIC al desarrollo cognitivo en el ámbito de la educación especial no sólo estriba en sus funciones objetivas (calcular, almacenar, ejecutar) sino en la calidad de las interacciones educativas propiciadas por su utilización.

ALGUNAS REFLEXIONES DE POR QUÉ LAS TICS TIENEN TAN POCO ARRAIGO EN LA EDUCACIÓN ESPECIAL

El primer problema que encontramos tanto los educadores y educadoras como las familias para tener acceso a cualquiera de estas tecnologías es la falta de información. Existe poca y la que hay es obsoleta con lo que difícilmente se tiene acceso a los últimos adelantos.

Otro problema es el carácter minoritario de esta población y los costes de estas tecnologías, ya que en algunas ocasiones hay que

construir a la medida de una persona en concreto (por ejemplo, a un niño o niña con discapacidad motórica, no le sirve un ratón adaptado estandarizado; en la mayoría de los casos hay que evaluar sus posibilidades y crearlo específicamente para él o ella, aunque la tecnología sea la misma que la empleada por los diferentes modelos), en otros casos se trata de herramientas que requieren desarrollos muy complejos y variados.

Las inversiones de la Administración en este campo son mínimas y aunque las familias tratan de asociarse y plantear programas de investigación en esta línea, los recursos no llegan a cubrir mínimamente las necesidades de esta población. A esto se suma el miedo al cambio de las instituciones y los escasos deseos de las y los profesionales a reciclarse y a adoptar nuevas formas de intervención y de ayuda.

TECNOLOGÍAS DEL HABLA APLICADAS A LA REHABILITACIÓN DEL HABLA Y LA VOZ

Las tecnologías del habla, tal y como las conocemos actualmente engloban tecnologías muy diferentes según Bonafonte (2003:89-91):

- *“El análisis de voz: parte de los conocimientos de las ondas sonoras, de los mecanismos de producción y percepción de la voz y del conocimiento fonético y desarrolla los métodos para representar la voz y para extraer cierta información básica sobre ella. Es la tecnología fundamental sobre la que se sustenta el resto de tecnologías del habla y también juega un papel importante*

en la rehabilitación de la voz ya que proporciona un conjunto de herramientas que permiten medir, de forma objetiva, características de ésta. La caracterización precisa del habla se utiliza tanto para el diagnóstico y seguimiento de un trastorno en el habla, por parte del logopeda, como para proporcionar una realimentación visual al propio afectado sobre determinados aspectos de la voz que el genera.

- ***La codificación de la voz:*** Fue, junto al análisis de voz, una de las primeras tecnologías en estudiarse y aplicarse. Trata fundamentalmente de representar y seleccionar información de la voz de forma que se minimicen los datos necesarios para su almacenamiento o transmisión, con la menor pérdida posible en la calidad. Se ha utilizado en algunos comunicadores electrónicos que almacenan voz digitalizada. El hecho de guardar la voz de forma codificada hace que se requiera menos memoria y que por tanto el coste económico sea menor. En cualquier caso, con el abaratamiento de los dispositivos de memoria, cada vez se dispondrá de más espacio para el almacenamiento sin un incremento del precio.

- ***El reconocimiento del habla:*** esta tecnología parte del análisis de voz y determina las palabras que se han pronunciado. El reconocimiento de habla se ha utilizado en trastornos en la comunicación con dos funciones distintas:

.- Como método de acceso alternativo al ordenador para personas con problemas motores.

.- Y en la rehabilitación del habla, aplicando las técnicas basadas en el reconocimiento de habla al

reconocimiento de fonemas con el objetivo de evaluar la articulación de los sonidos (que es como lo utiliza el sistema MARIUS y el objetivo de este trabajo).

- ***La conversión de texto a habla:*** *es la tecnología que se utiliza para que los ordenadores generen voz sintética a partir de una representación escrita. Una de las aplicaciones de la síntesis de voz del habla en trastornos de la comunicación es como herramienta, tanto para el acceso a información como en el proceso de aprendizaje de personas que tienen dificultad en el uso del lenguaje escrito. Otra aplicación es para suplir una incapacidad motora que impide que algunas personas puedan generar voz. Estas deben indicar el mensaje que se desea generar mediante texto (o un educador asocia un texto a ciertos iconos) y la síntesis de voz transforma ese texto en voz.”*

Conjuntamente con estas tecnologías aludidas (análisis, codificación, reconocimiento y síntesis), existen otras tecnologías del habla que aunque actualmente no tienen utilidad concreta como intervención en los trastornos de la comunicación, si que ayudan de manera indirecta a estas aplicaciones. Una de estas tecnologías es el *reconocimiento del locutor* que se centra en determinar quién es la persona que está hablando. Otra tecnología sobre la que están empezando a dedicar recursos importantes es la *traducción del habla*. La traducción del habla se apoya en el reconocimiento y la síntesis de voz e integra además un mecanismo de traducción entre las lenguas. Por último, otra aplicación de las tecnologías del habla que guarda muchas semejanzas con algunas aplicaciones para la rehabilitación de la

voz es la utilización de las tecnologías de la voz y el habla en el aprendizaje de segundas lenguas (este fue uno de los objetivos secundarios del proyecto ISAEUS, que posteriormente fue abandonado por la dificultad que planteaba).

SISTEMAS DE RECONOCIMIENTO DE HABLA APLICADOS A LA INTERVENCIÓN LOGOPÉDICA

La finalidad de las tecnologías del reconocimiento del habla es reconocer las palabras que se han articulado partiendo del registro sonoro.

Como ayuda en la intervención logopédica del habla, esta tecnología podría parecer un instrumento eficaz, ya que, así como el análisis de la voz ofrece una retroalimentación visual, y objetiva sobre características básicas de la voz, el reconocimiento del habla debería ofrecer esta realimentación sobre la pronunciación de sonidos, palabras y frases. Actualmente esta tecnología reduce considerablemente las perspectivas teóricas, aunque se utilizan algunas de las técnicas que intervienen en el reconocimiento del habla con fines de intervención.

A la hora de aproximarnos a este tema, tenemos que tener en cuenta unos fundamentos básicos (Bonafonte, 2003). Los sistemas de reconocimiento del habla reconocen las palabras comparando la articulación que se realiza frente a modelos de cada una de las palabras para las cuales se ha diseñado el sistema. El modelo que se parece más a la articulación determina la palabra que se ha reconocido. Como el habla es muy variable, esta comparación nunca es exacta por lo que la precisión de un sistema de reconocimiento de habla siempre induce a detallar la estimación de errores con la que se mueve.

Además, a diferencia de las personas, que podemos reconocer y transcribir palabras que no hayamos oído nunca (al menos en lenguas fonéticas como el castellano), los sistemas de reconocimiento actualmente sólo pueden reconocer las palabras que están en la base de datos que configura el sistema.

Para formar cada palabra una de las opciones de los sistemas es basarse en una articulación de esa palabra. No obstante como la voz es tan variable: dos pronunciaci3n de la misma palabra siempre ser3n distintas, aunque sean emitidas por la misma persona; muy distintas si se considera que pueden ser emitidas por situaciones muy diferentes considerando la velocidad del habla, estado emocional, el hablante (y en particular edad, sexo y variante dialectal), condiciones ambientales, micrófonos, etc. Así pues, casi todos los sistemas actuales emplean bases de datos que se crean a partir de articulaciones de muchas personas. En aplicaciones en las que sea posible ajustar el sistema a un usuario determinado, como ocurre en los sistemas de dictado, pueden mejorarse las prestaciones si se adaptan los modelos genéricos al usuario utilizando un conjunto de pronunciaci3n de éste.

Cuando la magnitud del vocabulario que se puede reconocer es muy grande, los modelos de las palabras se crean a partir de modelos de unidades subléxicas, como por ejemplo modelos de los fonemas. Es decir, para saber si una articulación se corresponde a una palabra, se compara con los modelos de los fonemas correspondientes.

De cualquier manera, el hecho de que muchos sistemas de reconocimiento del habla instalen modelos de fonemas no quiere

decir que sea viable el reconocimiento de los fonemas. Los fonemas se realizan con una gran variabilidad, estando muy mediados por los sonidos del contexto en el que se producen (coarticulaciones), ya que los articuladores van variando su posición de una forma lenta y progresiva. El reconocimiento de palabras es posible en el caso de que las palabras a reconocer difieran en varios fonemas. Es decir, determinar el sonido [p] o [b] es muy complicado, ya que ambas son oclusivas. Pero, precisar si la palabra que se pronuncia es, por ejemplo, “persistente” frente a “bonachón” es mucho más fácil, ya que la decisión se basa en la comparación de todos los fonemas. Por ello los sistemas de reconocimiento reconocen con más facilidad palabras largas que cortas, y en el diseño de utilidades se ha de intentar optar por palabras que sean muy diferentes. En utilidades como el dictado, donde se deben reconocer muchísimas palabras incluyendo las cortas y similares, el reconocimiento no se basa únicamente en la similitud de la voz de los modelos de los fonemas, sino que se utiliza teniendo en cuenta que sólo unas pocas palabras suelen ser admisibles en un contexto lingüístico determinado. Es decir, al decidir la palabra que se ha pronunciado se tiene en cuenta si esa palabra tiene sentido en la frase que estamos reconociendo. Es la misma estrategia que utilizamos las personas para comprender algunas palabras en situaciones de incertidumbre, como en ambientes muy ruidosos o al escuchar habla de un idioma que no conocemos muy bien. En esos casos muchas veces nuestra comprensión se basa en el contexto en que se coloca la palabra pronunciada. A pesar de todo esto, hay aplicaciones, como veremos, que ofrecen el reconocimiento fonético como ayuda para la mejora de la articulación, este es el caso del sistema MARIUS.

La utilización del reconocimiento del habla para determinar si una palabra ha sido o no bien pronunciada es todavía un problema no resuelto. En primer lugar, en muchas ocasiones, las alteraciones

en el habla del usuario hacen que los modelos de palabras y fonemas, base del sistema de reconocimiento, no sean adecuados. El desarrollar modelos específicos para una persona es una tarea bastante ardua y que además no tiene sentido, ya que el sistema tomaría como referencia el habla de esa persona, incluyendo las alteraciones que ella presente y que queremos subsanar. Además, el hecho de que un sistema de reconocimiento reconozca una palabra pronunciada tampoco garantiza que la realización de la palabra sea correcta. Ya hemos visto que el reconocimiento necesita basarse en una especie de promedio de la similitud de los sonidos de la palabra con cada uno de los fonemas. Por tanto, puede haber un defecto de pronunciación en algún fonema que pase inadvertido al sistema de reconocimiento, o que el habla presente cierta alteración leve, aunque en la producción de un determinado sonido sea una alteración grave. Pero los criterios de leve y grave pueden ser muy distintos para el sistema de reconocimiento y para el y la logopeda.

A pesar de la dificultad para reconocer fonéticamente, esta es una labor de gran interés para la rehabilitación de las dificultades en la articulación de los sonidos. Para poder afrontarla lo que se hace es no tener en cuenta un reconocedor fonético completo y en habla continua sino que se considera un subconjunto reducido de fonemas que se han de pronunciar de forma aislada (o en una única sílaba). Además, sólo se suelen considerar fonemas que sean estables, es decir, que no cambien mucho en su ejecución, como es el caso de las vocales líquidas, las nasales, fricativas, etc. Finalmente, no se suelen utilizar modelos estadísticos que sean útiles para todo el alumnado, sino que el propio logopeda debe crear sus propios modelos fonéticos a partir de la grabación de los fonemas y de la selección de los segmentos más representativos. El o la logopeda debe crear los modelos a partir del propio alumno o alumna, en el supuesto que pueda obtener entre sus registros

alguna realización aceptable para actuar de modelo. En caso contrario, o si se desea evitar la grabación de los patrones específicos para cada alumno o alumna, deberá utilizar una voz de referencia cercana a la voz de éste, asegurándose que utiliza la misma plataforma, especialmente el mismo micrófono, y eligiendo el hablante teniendo en cuenta, como factor más influyente, si es hombre, mujer o niño o niña. En caso de que las prestaciones no se ajusten a las expectativas, puede ser conveniente experimentar con más de un patrón de voz.

Los patrones específicos se pueden utilizar en ejercicios de articulación sobre cada uno de los fonemas. En dichos ejercicios se valora si el sonido que se ha producido se parece lo suficiente al patrón. También, pueden utilizarse en ejercicios de discriminación entre dos fonemas similares, en los que se comparan el sonido que se produce con los modelos de los fonemas y se decide aquel que es más próximo. De esta forma, al restringir el reconocimiento fonético a tan pocos fonemas, el error del algoritmo es menor y puede utilizarse de forma efectiva en la educación de habla.

SISTEMAS DE RECONOCIMIENTO DE HABLA EN NUESTRO PAIS

En nuestro país, los dos productos mejor acabados son:

⇒ *Speechviewer de IBM III* (última actualización). Se compone de un CD-ROM que contiene ejercicios clínicos mejorados por gráficos SVGA. Feedback inmediato del progreso del paciente a través de los ejercicios acústicos. Un

formato menú para la elección de los ejercicios. Gestión de módulos clínicos.

Santiago Torres (1989), enumera sus principales contribuciones:

- Ayuda a percibir las cualidades de la palabra articulada: ritmo, entonación, duración, pausa, intensidad y tiempo.
- Corrige y mejora la prosodia de la voz.
- Al mejorar la prosodia, hace más inteligible el habla.
- Visualiza la prosodia, favoreciendo así la corrección.
- Educa la respiración, proceso de capital importancia para la emisión del sonido articulado.
- Facilita la comprensión y corrección de las oposiciones fonéticas.
- Representa la tensión articularia.
- Ayuda a la percepción de las cualidades físicas del sonido articulado.
- Es útil para entrenar en la segmentación silábica y fonética.
-

⇒ ***VISHA de la Universidad Politécnica de Madrid:***

Tiene varias aplicaciones desarrolladas:

- Un sistema de rehabilitación de la voz (ISOTON): entrena los siguientes parámetros: intensidad, entonación y discriminación sonoro/fricativo sordo.

- Un estudio de la señal de la voz (Pc VOX): Permite almacenar en el ordenador una frase de la que podemos visualizar los siguientes parámetros: Espectrograma, forma de onda, energía, entonación y espectro instantáneo.
- Conversión texto-voz (TEL-ECO): sistema que habla cualquier texto en español sin que haya sido grabado previamente.
- Audiometrías (PCAUD): Permite la realización de audiometrías tonales y logaudiometrías aéreas y óseas.
- Posición de los órganos articulatorios (SAS): A partir de la señal de voz recibida por el micrófono, representa la posición que adoptan, los órganos articulatorios del locutor, lo cual permite la corrección mediante la comparación de patrones establecidos.
- Reproduce con retardo, la voz emitida delante del micrófono.
- Escritura predictiva: incorpora un sistema de predicción de palabras, para hacer más cómodo el proceso.

⇒ El sistema MARIUS supone otro intento de encontrar un sistema que ayude a las personas (en este caso con discapacidad auditiva) en la rehabilitación del lenguaje oral.

A MODO DE CONCLUSIÓN

En este capítulo he intentado justificar el hecho de que el ordenador ha dejado de ser un instrumento exclusivo para aquellas personas con trabajos en empresas, universidades, etc.

Es decir, ha pasado de ser una herramienta utilizada para facilitar y reducir el trabajo diario de muchas personas, con el objeto de mejorar cualquier tipo de producción para pasar a ser un sistema utilizado no sólo en el ámbito familiar o como para la enseñanza-aprendizaje en nuestras escuelas en todo tipo de alumnado sino también en los diversos organismos que promueven la integración de las personas con discapacidad.

Resulta muy difícil encontrar sistemas que ayuden a las personas con cualquier tipo de discapacidad, sobre todo cuando nos encontramos con los problemas técnicos que se derivan. No obstante, el esfuerzo que se viene haciendo resulta alentador, ya que estos sistemas pueden ayudar a estas personas no sólo a desenvolverse mejor sino a integrarse de forma más efectiva en la sociedad. Aunque estas herramientas, actualmente no pueden sustituir a los profesionales, si pueden resultar útiles en sus intervenciones.

Teniendo en cuenta lo anterior, me he centrado en las nuevas tecnologías aplicadas al habla y mas concretamente a sistemas de reconocimiento de habla que mediante su retroalimentación pueden ayudar a personas con discapacidad a mejorar su comunicación. Concretamente, he descrito cómo estos sistemas de reconocimiento de habla operan, para poder ser utilizados en la intervención logopédica como una forma eficaz de rehabilitación. En esta línea, presento el sistema MARIUS como un intento de mejorar los problemas de habla de personas, en este caso con discapacidad auditiva.

CAPITULO III. LA PERCEPCIÓN AUDITIVA HUMANA.

La primera reunión que mantuvimos, el pequeño grupo de expertos que trabajaba en el proyecto ISAEUS, con los ingenieros que diseñaban el *software* en junio de 1996, fue realmente sorprendente, pues nos plantearon un sistema que a todas luces era distinto en su concepción a los anteriores, ya que la idea de base era el diseño de un prototipo que intentara simular la percepción humana del sonido. Cuando oímos sus planteamientos nos quedamos totalmente fascinados, ya que nos parecía demasiado ambicioso pensar en un sistema de estas características. Nuestra primera acción, fue estudiar aquellos aspectos relacionados con la percepción auditiva humana que nos parecían importantes (física del sonido, mecanismos biológicos, acústica, etc.) teniendo siempre como base de nuestro conocimiento la población sorda con la que íbamos a trabajar. Aunque este capítulo parezca fuera de lugar, realmente fue nuestro punto de partida para poder acercarnos a entender como, técnicamente, los ingenieros estaban construyendo el ISAEUS (que finalmente, en torno al año 2000 se concretaría en el sistema MARIUS que fue el verdadero prototipo). Así pues, cuando hablo de acciones que realiza actualmente este sistema, me refiero al MARIUS, que es en definitiva la materialización de la investigación realizada en el proyecto ISAEUS.

A pesar de que quizás parezca un tanto árido, trataré de hacer este capítulo lo más ameno posible. Me parece indispensable que el lector o lectora se acerque por un lado a cómo percibimos los seres humanos (que realmente es lo que trata de simular el sistema) y por otro como percibe la persona sorda, ya que esto nos ayudó a diseñar, posteriormente, la manera de retroalimentación más eficaz para el tratamiento que nos ocupaba. Sin este capítulo

no se entendería como analizamos los resultados obtenidos con el sistema y es del todo fundamental en el estado de la cuestión de esta tesis, como se verá en su momento.

Percibir supone la codificación, por parte del organismo, de alguna propiedad física del entorno. Así pues, el producto de la actividad perceptiva será función, por un lado, del estímulo físico que afecta al sistema de codificación y por otro de la estructura y operaciones del propio sistema. Por lo tanto, en este capítulo, voy a estudiar, precisamente estos dos componentes fundamentales para el caso concreto del codificador auditivo. En este sentido, empezaré haciendo un breve estudio sobre el sonido, que es estímulo para la audición. Después, continuaré proponiendo algunos mecanismos biológicos capaces de implementar los procesos descritos en el apartado anterior. También mostraré algunos aspectos de la producción del habla y análisis de la señal de voz que resultaran imprescindibles para entender cómo analiza el sistema las señales emitidas por los niños y niñas sordas.

ALGUNOS ASPECTOS BÁSICOS SOBRE EL SONIDO

El sonido siempre es originado por un cuerpo que vibra denominado fuente de sonido. Desde él las ondas de sonido se propagan a través de un medio material (en general el aire). Esta propagación se debe a los pequeños desplazamientos que el cuerpo vibrante causa en las partículas provocando cambios de presión que se propagan formando una onda; la onda acústica.

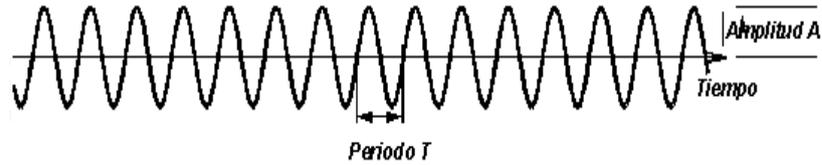
El ser humano normalmente percibe los sonidos por medio de sus oídos. Sin embargo, también es posible ver o sentir las vibraciones que la fuente de sonido origina. Por ejemplo, se pueden ver las vibraciones de una cuerda de guitarra, podemos sentir las

vibraciones de un instrumento musical, como un violín o un bajo; o las vibraciones de la laringe cuando se está hablando. Incluso si un ser humano es totalmente sordo de forma que no puede percibir ningún sonido por medio de los oídos, es todavía posible, en esos casos, que sienta las vibraciones del sonido por medio de sensaciones visuales o táctiles. Realmente este fue uno de los primeros planteamientos que se asumió en el ISAEUS, por una parte el sistema analizaría las emisiones de nuestros niños y niñas sordas y por otra las devolvería por medio de retroalimentación visual o vibro-táctil.

La propagación del sonido por medio del aire es el más común e importante canal para que un sonido llegue al oído humano. Sin embargo, no es el único, también resulta posible que el sonido pueda llegar al oído del oyente por medio de sus propios huesos, siendo esta la característica utilizada para la percepción de la propia voz.

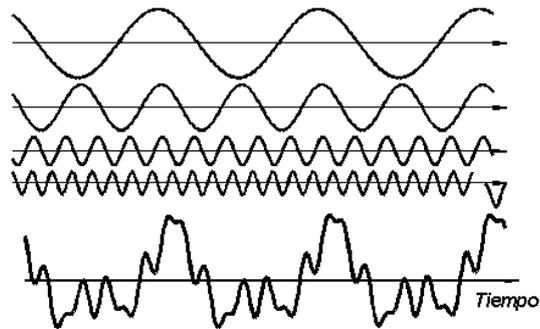
Los elementos más importantes del sonido son los tonos y el ruido. Un tono está caracterizado por su amplitud, (parámetro que se relaciona con la presión acústica), y su frecuencia que constituye el número de oscilaciones por segundo (Hertzios, Hz). La clase de tono más elemental es el tono puro, representado por una senoide. (ver Fig.1).

Figura 1: Ejemplo de un tono puro (sinusoide)



Una sinusoide es una función periódica en el tiempo. Cualquier tono que no es una sinusoide puede formarse a partir de la composición de múltiples sinusoides denominadas en tal caso armónico. Este tono está caracterizado tanto por su frecuencia f_0 , denominado frecuencia fundamental (armónico más bajo), como por su amplitud. Los armónicos sólo pueden tener frecuencias que son múltiplos enteros de la fundamental f_0 (ver el ejemplo de la figura 2).

Figura 2: Ejemplo de un tono que tiene cuatro sinusoides cuyas frecuencias son múltiplos enteros de la frecuencia fundamental del tono. En este ejemplo se corresponde con los armónicos 1°, 2°, 5° y 8°.



Los acordes y las melodías son los elementos esenciales de la música, definiéndose acorde como un sonido que consta de varios tonos simultáneos y melodía como una secuencia de tonos. La laringe, donde se origina la voz humana, es un generador de tonos. Cuando se canta, la laringe crea una secuencia de tonos cuyas frecuencias fundamentales se mantienen casi constantes. Cuando hablamos, la laringe también crea un tono cuyas frecuencias fundamentales, sin embargo, varían con el tiempo y resultan en una melodía del habla, parámetro que se denomina entonación (o sea, f_0 y duración).

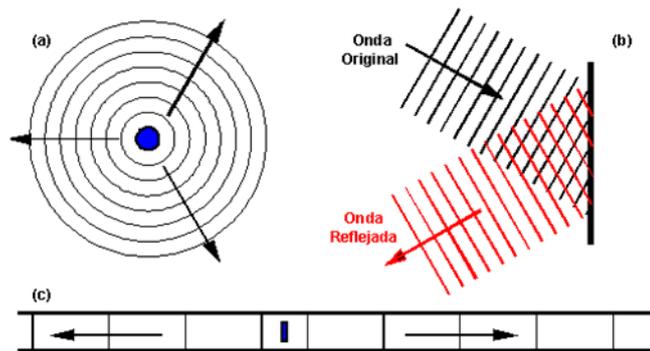
Se pueden generar ondas acústicas en un amplio margen de frecuencias. Sin embargo se habla de ondas sonoras cuando sus frecuencias se sitúan dentro del rango que pueden ser percibidas por el oído humano (20-20000Hz). Los sonidos situados por encima de este rango se denominan ultrasonidos y los situados por debajo infrasonidos. Los ultrasonidos y los infrasonidos no son relevantes para el habla.

Aparte de su frecuencia, una propiedad importante de un tono es su longitud de onda. Si una fuente de sonido genera un tono, su vibración es periódica con el tiempo. Lo mismo sucede en la onda acústica si el observador y el emisor son estáticos. Si imaginamos que el tiempo se congela en un instante dado y se observa la onda en diferentes lugares encontraremos el mismo patrón repetido.

Como con cualquier onda, la propagación de ondas acústicas es sensible a los cambios en las propiedades del material por la que se propaga la onda. Cuando una fuente de sonido está rodeada por todas partes de aire, el sonido se propaga de forma uniforme en

todas direcciones (Fig. 3a). Sin embargo, cuando el tipo de material cambia, la propagación de la onda acústica es distorsionada. Las distorsiones de las ondas acústicas siempre suceden por una alteración de las propiedades mecánicas, en particular de la resistencia al desplazamiento de las partículas que forman el material del medio de propagación.

Figura 3: Propagación de una onda acústica. Ejemplos (a) Propagación de una Onda omnidireccional; (b) Reflexión de una onda en un obstáculo, como una pared; (c) Onda unidireccional en un tubo cilíndrico.



Esta resistencia es extremadamente baja en aire pero mucho mayor en líquidos, como el agua, o en piedra o roca. Cuando una onda que se propaga en el aire choca contra una superficie dura, solo una pequeña parte de la energía de esa onda atraviesa esa superficie; la mayoría es reflejada (Fig. 3b). Todos los que son capaces de oír conocen ese fenómeno como eco, por ejemplo cuando gritamos fuerte a un muro a cierta distancia. Si no somos capaces de oír, podemos derivar esta propiedad del correspondiente fenómeno en el mundo visual. A menos que miremos directamente a una fuente de luz, vemos cualquier cuerpo o material únicamente por la luz que refleja, siendo el espejo el equivalente directo al eco en acústica.

Si una fuente de sonido es situada en un tubo cilíndrico, las ondas acústicas pueden únicamente propagarse por el eje del cilindro, al menos cuando la longitud de onda es mucho mayor que el diámetro del tubo (Fig. 3c). Llamamos a este tipo de onda una onda unidimensional. La señal sonora dentro del tracto vocal de un hablante, antes de que abandone su boca, se comporta como una onda unidimensional.

MECANISMOS BIOLÓGICOS DE IMPLEMENTACIÓN

Obviamente todos los procesos psicofísicos descritos en la sección anterior deben ser implementados por los mecanismos biológicos de los que dispone el sistema auditivo humano. Así pues, voy a estudiar la estructura biológica del codificador auditivo. La razón por la que la incluyo en este punto se debe a la importancia que supone el sistema auditivo para los humanos. Posteriormente expondré, al final del presente capítulo, como dependiendo de las partes de dicho sistema que estén afectadas en los niños y niñas sordas tendremos problemáticas diferentes y consecuentemente métodos de intervención específicos. Comenzaré por describir, la estructura y función del oído externo y medio para después centrar el estudio en el oído interno y el nervio auditivo hasta llegar a las zonas de proyección cortical.

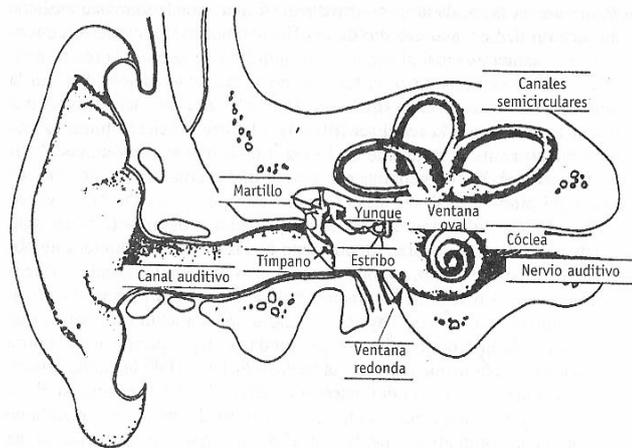
Oído externo y oído medio.-

El oído externo está constituido por el *pabellón auricular* y el *conducto auditivo externo*. La membrana timpánica es la frontera que separa el oído externo del oído medio. Dos son las funciones

principales que pueden atribuirse al oído externo, a saber, actúa como un filtro que modifica la presión sonora que llega a la membrana timpánica para cada frecuencia y proporciona claves direccionales que permiten la localización de fuentes sonoras en el espacio.

El oído externo forma una cavidad acústica y, por tanto, introduce una amplificación de la energía en determinadas frecuencias. Esto ocurre en virtud de un proceso físico denominado resonancia.

Figura 4: Representación esquemática de las distintas divisiones del oído. Adaptado de Warren (1982)



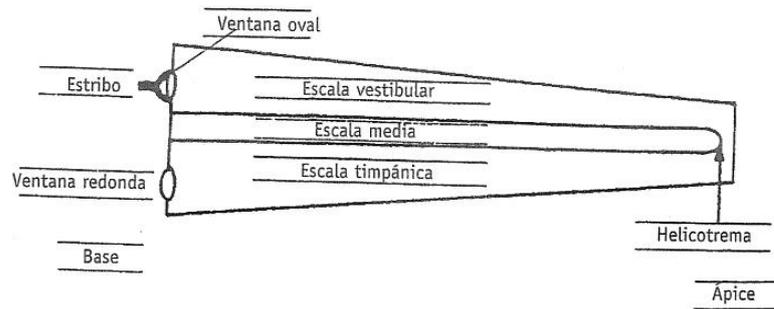
El oído medio (fig. 4) se sitúa entre la membrana timpánica y la cóclea y está formado por una cadena de tres huesecillos: el martillo, el yunque y el estribo. El estribo contacta con una estructura flexible situada en la pared de la cóclea que se denomina *ventana oval*. La platina del estribo está alojada en un orificio de la pared del ventrículo. La función principal que cumple el oído medio es la de realizar un ajuste de impedancias.

La impedancia es un índice de la resistencia que ofrece un medio a la transmisión, en nuestro caso, del sonido. Pues bien, la impedancia del aire es mucho menor que la impedancia de los fluidos cocleares, es decir, se da un desajuste de impedancia entre los dos medios por los que debe viajar el sonido en su camino hacia las estructuras pertinentes del sistema auditivo humano. Este desajuste ocasionaría un efecto indeseable: la mayor parte de la energía sonora sería reflejada al llegar a la coclea. El oído medio atenúa, en gran medida, este problema debido principalmente, a la diferencia de área que existe entre la membrana timpánica y el estribo. Esta diferencia de área hace que la fuerza que empuja a la membrana timpánica acabe concentrándose en una superficie mucho menor, con lo que se consigue un aumento considerable de la presión. Este aumento de presión permite que el sonido sea transmitido eficazmente hacia las estructuras del oído interno.

Oído interno.-

La *cóclea* es la estructura más importante del oído interno y será el objeto principal de estudio. Aunque la cóclea se encuentra enrollada en forma de espiral (ver imagen anterior), es más fácil estudiarla cuando se representa desenrollada tal y como aparece en la *figura 5*.

Figura 5: Representación esquemática de las distintas divisiones de la cóclea (desemrollada). Adaptado de Gelfand (1981)



La cóclea está dividida en tres cavidades diferenciadas: *la escala vestibular*, *la escala media* y *la escala timpánica*. Las dos primeras están separadas por la *membrana de Reissner*, las dos últimas por la *membrana basilar*. Es en estas cavidades en las que se sitúan los fluidos cocleares (*perilinfa* y *endolinfa*). Cuando llega un sonido al sistema auditivo, las vibraciones del estribo se transmiten a la ventana oval y, por tanto el fluido de la cóclea se desplaza hacia una segunda ventana: *la ventana redonda*. Este proceso ocasiona un desplazamiento en forma de onda en la membrana basilar y en las estructuras adheridas a ella, como el *órgano de Corti*. El órgano de Corti está recubierto por la *membrana tectorial* y en su interior se encuentran las *células ciliadas*. Existen dos tipos de células ciliadas: las *células ciliadas internas* y las *células ciliadas externas*. Las primeras están organizadas en una sola fila mientras que las segundas se distribuyen en tres, cuatro e incluso cinco filas diferentes. Debido a la disposición de todas las estructuras, cuando la membrana basilar se mueve hacia arriba y hacia abajo se produce un desplazamiento asimétrico de la membrana tectorial y del órgano de Corti. Esto es lo que ocasiona el movimiento de las células ciliadas de modo que se produce el cambio eléctrico capaz de asegurar la transmisión nerviosa. Es decir, es en este momento cuando se produce la transducción nerviosa; la energía mecánica

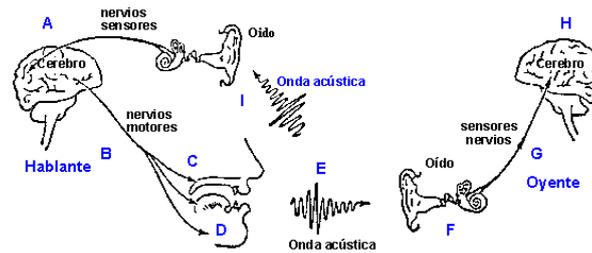
transmitida por el estímulo se codifica en términos de señales eléctricas que pueden ser transmitidas por el nervio auditivo hasta alcanzar las áreas de proyección cortical correspondiente, situada en los lóbulos temporales de ambos hemisferios cerebrales.

ASPECTOS BÁSICOS DE LA PRODUCCIÓN DEL HABLA

La cadena de la comunicación del habla

La figura 6 muestra la cadena del habla (Denes and Pinson, 1973), el enlace que conecta un hablante y un oyente cuando se comunican por medio de la voz. La transmisión del mensaje comienza en la mente del hablante (A) con una selección y ordenación de las palabras adecuadas para expresar su significado de forma que el oyente pueda entender el mensaje. Las instrucciones apropiadas son enviadas por medio de los nervios motores (B) a los músculos que activan los órganos vocales: los pulmones, las cuerdas vocales en la laringe, la lengua, los labios (C). El nervio activa a los músculos vocales que se mueven y producen cambios de presión en el aire circundante (D) creando una onda de presión (E) que viaja al oyente. En adelante llamaremos a esta onda sonora señal de voz. La presión cambia en el oído del oyente activando el mecanismo de percepción del oído (F) y produce impulsos nerviosos que viajan a través del nervio del oído (G) hasta el cerebro del oyente (H) donde el mensaje del hablante es reconocido.

Figura 6: La cadena de la comunicación oral.



En realidad la cadena del habla implica dos oyentes incluso cuando sólo una persona está hablando. El hablante es siempre su propio oyente (I). La producción del habla está continuamente monitorizada por la realimentación auditiva del hablante que escucha su propia voz, su articulación se degradará debido a la pérdida total o parcial de esa realimentación auditiva. Esta es una de las situaciones donde MARIUS puede ayudar, ya que permite dar información al niño o niña de la emisión que está realizando.

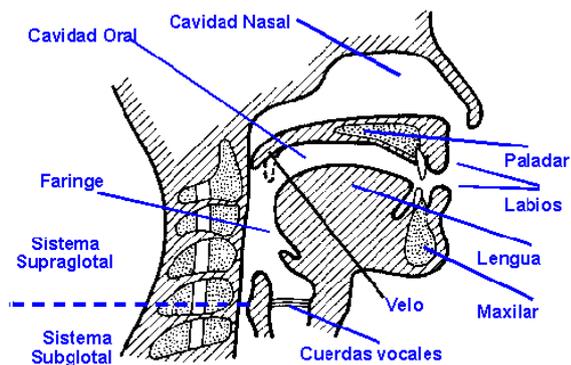
La realimentación auditiva de la propia voz del hablante es esencial para la adquisición del habla. Un niño o niña sorda no aprenderá a hablar debido al hecho de que su realimentación acústica se ha perdido. Para enseñar a un niño o niña sorda a hablar, son necesarios otros canales de realimentación. La realimentación visual es uno de esos canales, y el sistema MARIUS se basa fundamentalmente en proporcionar realimentación visual que ayude al niño o niña a percibir (de manera visual) como ha realizado el ejercicio articulatorio.

Producción del habla. Voz y articulación

Las señales acústicas de voz son creadas en los órganos vocales del hablante. Casi todas las señales de voz se producen mientras

se exhala, es decir, cuando una corriente de aire de los pulmones pasa por la laringe y el tracto vocal, formado por las cavidades oral y nasal y los órganos que la rodean (lengua, labios, faringe, paladar).

Figura 7: Vista esquemática del tracto vocal.



En la producción del habla hay implicados dos mecanismos diferentes: 1) Excitación de la señal de voz o fonación, y 2) Conformación de la señal de voz. (En lenguaje técnico se denomina fuente y filtrado).

Se distinguen tres modos de excitación de la señal del habla:

- Excitación sonora, también llamada fonación, que es realizada por las cuerdas vocales en la laringe. Alrededor del 65% de las señales de voz son sonoras. La investigación que se propone en esta tesis se basa fundamentalmente en estos aspectos, concretándose en las

vocales y la manera en que a través del sistema MARIUS podemos ayudar en la intervención.

- Excitación sorda, que se realiza por constricción del tracto vocal, por ejemplo moviendo la lengua contra el paladar. La corriente de aire que pasa por este estrechamiento produce un sonido silbante. Las constricciones pueden ser realizadas en casi cualquier parte del tracto vocal. Para un sonido sordo hay usualmente una constricción en un lugar bien determinado, el lugar depende del sonido que se quiera articular.
- Excitación transitoria, que se realiza bloqueando temporalmente el tracto vocal con la lengua o los labios (formado un cierre) y entonces repentinamente se abre ese bloqueo. Los sonidos de esta categoría se denominan explosivos, como la [p] o la [t]. Por cada explosiva hay normalmente un único cierre en un lugar bien determinado, y a su vez este lugar depende del sonido que se quiera articular. El sistema MARIUS intentó en un principio solucionar los problemas técnicos que planteaban estos sonidos para ser reconocidos por un *software*, pero en aquella fase de construcción no se pudieron concretar, por lo que nos centramos en los sonidos previamente mencionados (las vocales)

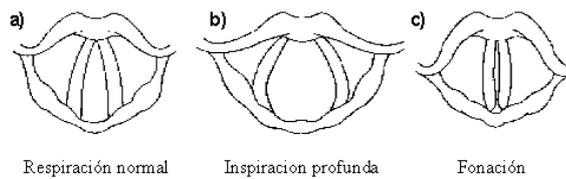
Algunos sonidos requieren la combinación y la realización simultánea de excitaciones sonoras y sordas o sonoras y transitorias.

Nos referiremos a los tres modos de excitación cuando hablemos de la voz del hablante. La voz en el sentido estricto de la palabra, excitación sonora, la denominaremos fonación.

Como ya he dicho, hablamos cuando exhalamos. Normalmente respiramos una vez cada cinco segundos aproximadamente, repartidos a partes iguales entre la inhalación y la exhalación. Durante el habla, sin embargo, se fuerza a nuestra respiración de acuerdo con la longitud de la frase, y se puede ajustar hasta alcanzar el 15% del ciclo dedicado a inhalar. El control adecuado de la respiración es esencial para realizar adecuadamente cualquier modo de excitación de la señal del habla. Cuando se habla, este control se realiza automáticamente. Las personas sordas que aún no dominan el habla nunca han aprendido como controlar su respiración del modo correcto para hablar, y la única manera de hacerlo es enseñándoles explícitamente. Por esta razón el sistema MARIUS incluye ejercicios que pretenden enseñar el control adecuado de la respiración, con la idea de que esto ayudará a controlar mejor su habla.

La excitación sonora, es decir, la fonación, se realiza con las cuerdas vocales. Las cuerdas vocales son parte de la laringe. La laringe actúa como una puerta o válvula entre los pulmones y la boca, y dentro de la laringe las cuerdas vocales son las encargadas de llevar a cabo esta función. Mediante la apertura o el cierre de las cuerdas vocales se controla el flujo de aire que proviene de los pulmones; cuando están ajustadas las unas con las otras, aíslan completamente los pulmones de la boca. Durante la respiración, las cuerdas vocales están abiertas (Fig. 8 a, b), y así permanecen durante los sonidos del habla sordos. Para los sonidos sonoros las cuerdas vocales están cerradas pero no tanto para que la presión del aire que proviene de los pulmones no pueda abrirlas (Fig. 8c). El hueco entre las cuerdas vocales se denomina glotis. A la parte del tracto vocal por encima de la glotis se la denomina sistema supraglotal (ver Fig. 7), y la presión realizada por los pulmones para permitir la fonación se la denomina presión subglotal.

Figura 8: Posición de las cuerdas vocales en diferentes funciones.



La presión subglotal abre las cuerdas vocales, y el aire fluye a través de la glotis. Esto causa una ligera tensión en los músculos de las cuerdas vocales que quieren cerrar la glotis. Además, la glotis actúa como una constricción severa del flujo de aire. En consecuencia, las partículas de aire pasan por la glotis a una velocidad mayor que por las amplias áreas vecinas inferior y superior. De física se sabe que esta configuración causa una pérdida de presión en la constricción, el conocido efecto Bernoulli. Cuando las cuerdas vocales están adecuadamente posicionadas el efecto Bernoulli es más fuerte que la presión subglotal y cierra la glotis rápidamente de forma que el flujo de aire queda interrumpido. Sin embargo, al cerrarse, el efecto Bernoulli termina, y la presión subglotal puede reabrir las cuerdas vocales.

La fonación regular produce un tono que es casi periódico. La vibración de las cuerdas vocales a la frecuencia fundamental de la voz, es controlada por los músculos de la laringe que influyen en la longitud y la tensión de las cuerdas vocales. La habilidad para utilizar las cuerdas vocales es innata, pero cuando esta habilidad no es estimulada en la infancia debido a la sordera y por tanto a la pérdida de la realimentación auditiva, se pierde y tiene que ser entrenada. Un nivel de los ejercicios del sistema MARIUS trata de este aspecto.

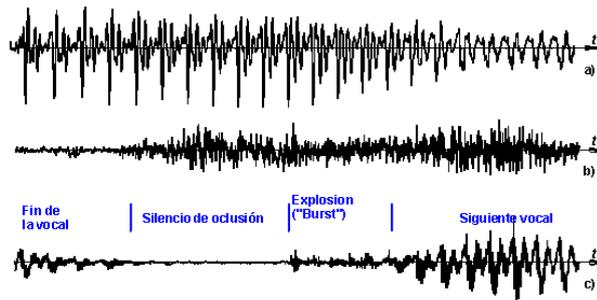
El correcto posicionamiento de las cuerdas vocales es delicado, y su entrenamiento sin realimentación acústica es difícil. Si las cuerdas vocales están cerradas y muy tensas no se abrirán (o únicamente lo harán ante un gran incremento de la presión subglotal) y consecuentemente la excitación sonora será irregular y con efecto chirriante. Incluso si la fonación es regular, la frecuencia fundamental de la señal de excitación sonora puede tomar un valor que es demasiado bajo o, más probable, demasiado alto comparado con el habla de las personas que oyen con normalidad.

Los rangos de las voces masculinas adultas se extienden desde los 70 Hz a los 300 Hz. Los valores correspondientes a las voces femeninas adultas están entre los 130 y los 500 Hz. Las voces de los niños y niñas, dependiendo de la edad, son incluso más agudas. La mayoría de los individuos son capaces de separar un rango de frecuencias fundamentales de dos octavas en el modo de fonación normal, sin embargo, para hablar sólo se utiliza una pequeña parte. Aunque tener un buen control de la fonación y la frecuencia fundamental es difícil sin realimentación acústica, no es de ninguna manera posible sin un entrenamiento adecuado.

La figura 9 muestra una señal de excitación de voz y su resultante señal de voz para la vocal [ε] , y la Fig 10 un ejemplo de fonación normal y chirriante.

para relajarlo después de un corto periodo de tiempo (normalmente inferior a 100 mseg.). También es importante no cerrar la glotis durante ese tiempo.

Figura 11: Ejemplos de señales de voz con diferentes modos de excitación.
(a) Fonación vocal (parte izquierda) con transición a una consonante sonora; (b) Excitación sorda fricativa; (c) Transición vocal-explosiva-vocal



La excitación correcta es la mitad del camino que se ha de recorrer hacia la creación de una señal del habla inteligible. Cuando una señal acústica ha sido generada tiene que ser transformada en el tracto vocal para llegar a ser una señal de habla real. La interacción de todas las posiciones y movimientos de los órganos del tracto vocal para formar la señal se llama articulación, y los órganos que toman parte en la formación de la señal (lengua, cuerpo, punta de la lengua, labios, velo, etc.) se denominan articuladores. Tratamos este aspecto en la próxima sección relacionándolo con sonidos concretos, es decir, vocales (estas serán de vital importancia en esta tesis) y consonantes.

La señal de voz: Vocales y consonantes

1.- Vocales

Las vocales son siempre sonoras, es decir, las cuerdas vocales son su fuente de sonido. En las vocales, las señales abandonan el tracto vocal por la boca; el velo está levantado de forma que cierra la apertura existente entre la faringe y la nariz (ver Fig. 7).

Notar que se tiene un control completo del velo en el habla fluida es muy importante. En contra de cómo está con respiración normal, el velo está la mayoría del tiempo levantado durante el habla.

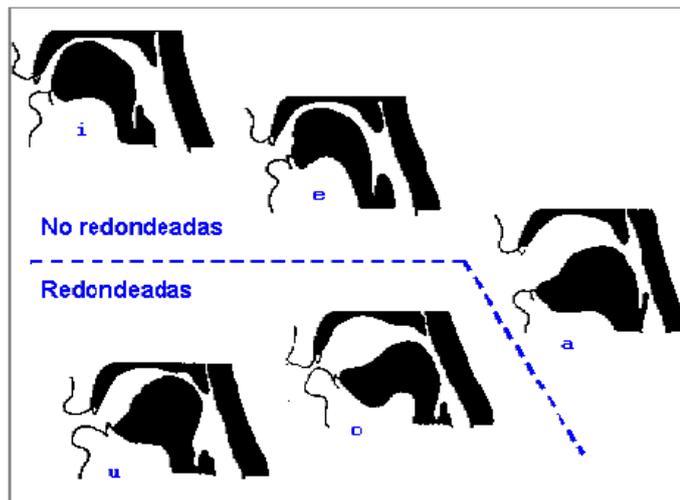
En la generación de las vocales no existen cierres o constricciones fuertes en el tracto vocal. Cada vocal puede caracterizarse con tres parámetros articulatorios:

- Apertura de la boca. Se realiza con el movimiento correspondiente del maxilar; Como boca abierta se distinguen hasta cuatro grados apertura (cerrada, casi cerrada, casi abierta y abierta). (es uno de los parámetros que plantea el sistema MARIUS en la pantalla donde presenta el ejercicio de “visualización de formantes” para intervenir)
- Posición de la lengua. Como posición de la lengua se distinguen dos: Adelantada y retrasada. (es otro de los parámetros que plantea el sistema MARIUS en la pantalla donde presenta el ejercicio de “visualización de formantes” para intervenir)

- Redondez de los labios. Como redondez de los labios se distinguen dos: vocales no-redondeadas y vocales redondeadas. Hay una fuerte tendencia en todos los idiomas del mundo a que las vocales adelantadas son no redondeadas y las retrasadas son redondeadas. Por ejemplo, en español las dos vocales frontales [i] y [e] son no-redondeadas, y las dos vocales retrasadas [o] y [u] son redondeadas.

La figura 10 muestra un corte del tracto vocal para las cinco vocales [a, e, i, o, u].

Figura 12: Posiciones articulatorias para las cinco vocales.

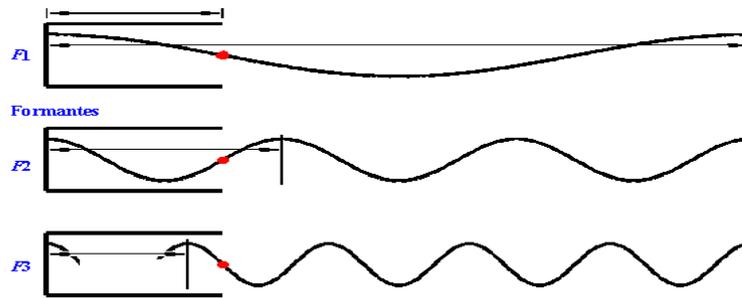


Para describir las propiedades acústicas de las vocales (con el fin de proporcionar en los ejercicios del sistema MARIUS una adecuada realimentación visual) podemos simplificar el tracto vocal, es decir, las cavidades desde la glotis hasta la boca, como un tubo acústico. La propiedad fundamental para la producción de

las vocales es que las ondas acústicas cumplan ciertas propiedades geométricas –aquellas que cumplan las condiciones de frontera en los dos extremos del tubo acústico- con la longitud de onda como parámetro. Llamamos a esta estructura acústica que selectivamente soporta ciertas frecuencias, un resonador. Los resonadores son comunes en el mundo de la acústica, en algunos instrumentos musicales, como una flauta o un órgano, el aire en el resonador actúa como la propia fuente de sonido. En la producción de vocales la fuente de sonido se localiza en las cuerdas vocales en el extremo (cerrado) del tracto vocal, y el tracto vocal actúa como un resonador, da forma al timbre de la onda glotal mientras lo convierte en señal de voz.

De acuerdo a las condiciones de frontera específicas del tracto vocal (cerrada en la glotis, abierta en la boca) hay resonancias cuando la longitud del tracto vocal es igual a un múltiplo impar de un cuarto de la longitud de onda, $1/4$, $3/4$, $5/4$ etc. (Fig 13). Si se asume que el tracto vocal es de 17 cm. (para un hablante adulto masculino; el tracto vocal de un hablante femenino es el 10% más pequeño, aprox.) entonces estas resonancias ocurren a 500 Hz, 1500 Hz y los demás múltiplos impares de 500 Hz. En el habla estas resonancias se denominan formantes (otro concepto importante que recoge el sistema MARIUS en sus ejercicios).

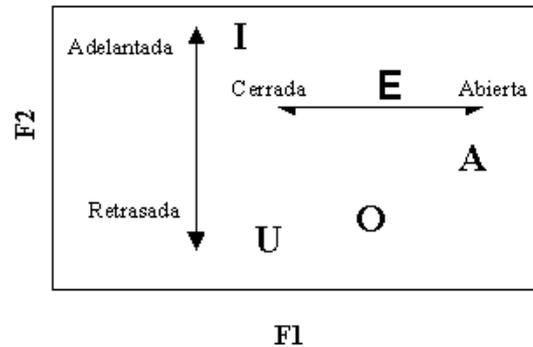
Figura 13: Tracto vocal como un tubo acústico de área constante. La resonancia (formantes) existen en los múltiplos impares de $\frac{1}{4}$ de longitud de onda. Los formantes se enumeran con respecto a las frecuencias de menor a mayor.



Normalmente no podemos asumir que el área del tracto vocal es constante desde la glotis hasta la boca. Es marcadamente diferente de esto ya que controlamos nuestro tracto vocal para producir una cierta vocal. Es importante notar que los formantes existen de la misma forma que en el caso anterior; ocurren a las frecuencias que son características de las vocales individuales. Son estas frecuencias las que se miden en el analizador de voz del sistema MARIUS y se muestran en las pantallas de los ejercicios.

Los primeros dos formantes son los que tienen mayor influencia en la articulación de las vocales y además contienen la mayor parte de la energía acústica de la señal. Son estos formantes los que se perciben como el timbre característico de cada vocal, y también son los que más influencia tienen en la identidad de una determinada vocal. Las propiedades acústicas de las vocales son comúnmente mostradas en forma de cartas de formantes donde F2 es representado sobre F1. En MARIUS seguimos esta práctica. Como ejemplo, la figura 14 muestra una carta esquemática de formantes de las vocales españolas

Figura 14: Carta de formantes esquemática para las vocales españolas.



La influencia aproximada de los tres parámetros articulatorios en el plano F2/F1 es mostrada en la parte derecha de la figura 14. La apertura de la boca influye en F1, este formante sube cuando la boca se hace más grande. La posición de la lengua tiene mucha influencia en F2 (que es mayor para las vocales cerradas); las vocales adelantadas tienen F2 altos y las retrasadas los poseen bajos. La tendencia de las vocales adelantadas a ser no redondeadas y las atrasadas a serlo enfatiza este contraste. Los labios redondeados influyen sobre todo en F2 (y F3 aquí no representado); las vocales redondeadas tienen menores valores de F2 que las no redondeadas.

Además de las vocales existen los diptongos. En español existen 4. Los diptongos son conexiones vocal-vocal donde la transición entre la primera y la segunda vocal es parte integral y muy importante del sonido.

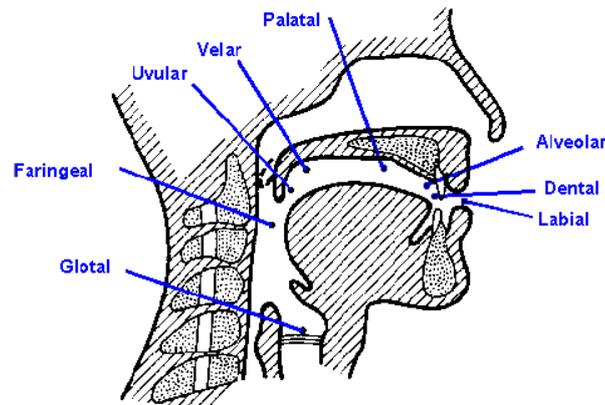
2.- Consonantes

En contraste con las vocales, las consonantes tienen cierres o constricciones en el tracto vocal y su excitación no es puramente sonora. Las consonantes aparecen en el habla únicamente en conexión con vocales o diptongos, en cambio una vocal o un diptongo aislado puede ya formar una palabra.

La descripción articuladora de las consonantes es más fácil que las de las vocales ya que se tienen los cierres o las constricciones en el tracto vocal. Se especifica:

- Donde se encuentra el cierre o la constricción en el tracto vocal. Esta información se denomina lugar de la articulación.
- Lo que ocurre en el cierre o constricción- esta descripción se conoce como modo articulatorio e incluye la especificación sobre la excitación de la consonante.

Figura 15: Lugares de articulación.



Los diferentes lugares de articulación en el tracto vocal se muestran en la figura 15. La lengua se sirve de varios lugares de articulación. Dental y alveolar son alcanzados por la punta de la lengua, palatal, velar, y uvular por el cuerpo de la lengua y por último la articulación faringeal (que no es utilizada en español) que es alcanzada por la raíz de la lengua.

Como modos de articulación, se distinguen las siguientes especificaciones:

- *Explosiva*: Rápida formación y repentino relajamiento de un cierre en el lugar de la articulación (típica configuración para la excitación transitoria). Se distinguen entre explosivas sordas y sonoras. En las explosivas sonoras la glotis se abre, mientras que en las explosivas sordas se intenta mantener la voz tanto como sea posible durante el cierre. El velo está levantado.

- *Nasal.* Cierre en el lugar de la articulación combinado con la bajada del velo para que el aire abandone los órganos del habla por las fosas nasales y solo por ahí. La excitación es sonora.
- *Fricativa.* Constricción estrecha en el lugar de la articulación. El aire que pasa por esta constricción muestra turbulencias y causa ruido de fricción (configuración típica en la excitación sorda). Se distinguen entre fricativas sordas y sonoras. La excitación sorda está siempre ahí. Las fricativas sonoras tienen simultáneamente fonación y excitación sorda (turbulencia). El velo está levantado.
- *Aproximantes.* Constricción en el lugar de la articulación, pero sin turbulencia. La excitación es sonora y el velo está levantado. Los aproximantes se producen de una forma muy parecida a las vocales. Los aproximantes muy cortos se denominan semivocales.
- *Lateral.* Cierre parcial en el lugar de la articulación. El aire puede pasar por este lugar hacia uno o ambos lados. La excitación es sonora y el velo está levantado.
- *Vibrante:* Constricción alveolar o uvular (dependiendo del lenguaje del hablante); excitación sonora. El flujo de aire hace vibrar a la lengua en la constricción. Este hecho concierne al sonido [r]. Existe una gran variación entre un lenguaje y otro y – especialmente en alemán- de un hablante a otro.

La unión de aproximantes, nasales, laterales y vibrantes se denominan sonorantes debido a su excitación sonora. Laterales y vibrantes se conocen también como líquidas.

Como existe una gran variación de la intensidad del sonido en el área de audición (14 órdenes de magnitud para la intensidad del sonido, 7 para la presión), es habitual representar la amplitud como niveles en decibelios (dB).

La pérdida de audición se define como la desviación entre el umbral de audición de una persona y el umbral general como se ha indicado en la figura 15. La mayoría de las pérdidas de audición son dependientes de la frecuencia; hay una tendencia de que las altas frecuencias sean más afectadas que las bajas. Cuando se trata del habla, una pérdida de audición primero afecta a los sonidos de menor intensidad, en particular explosivos; una pérdida de alta frecuencia que afecta a la banda de frecuencias por debajo de los 3KHz y por tanto la percepción de F3 se traduce en una pérdida de percepción del lugar de articulación de consonantes y una pérdida de la percepción de la mayoría de las fricativas. Las vocales y los sonorantes concentran más energía y por tanto son más robustas.

Las alteraciones en la audición provocan diferentes tipos y grados de pérdidas auditivas (Gotzens y Marro, 2001):

1. *Hipoacusia transmisiva*: alteración producida en el oído externo y/o medio. Provoca pérdidas auditivas transitorias que pueden disminuir la audición hasta 50-60 dB.
2. *Sordera neurosensorial*: alteración producida en el oído interno. Provoca pérdidas auditivas permanentes e irreversibles. Se clasifican según el grado de pérdida HAIC (Hearing Aid Industry Conference: promedio entre frecuencias 500 Hz y 2000 Hz):

- Audición Normal (0-20 dB)

- Sordera ligera (20-40 dB)
- Sordera media (40-70 dB)
- Sordera severa (70-90 dB)
- Sordera profunda (> 90 dB)

3. *Sordera mixta*: cuando se presenta simultáneamente una sordera neurosensorial y una hipoacusia transmisiva.

A MODO DE CONCLUSIÓN

En este capítulo intento hacer una revisión teórica sobre los aspectos en los que se basó el proyecto ISAEUS (y asumió el sistema MARIUS) para su construcción y su posterior diseño.

Se hace un breve repaso en todas las perspectivas relacionados con la audición y el sonido. Ya que tenemos que tener en cuenta que una parte importante de información que recibimos por la vía auditiva (sonidos de la naturaleza y la dirección de donde provienen, las voces y su acercamiento o alejamiento), sólo pueden llegar por esta vía. La audición es la encargada en gran medida de reestablecer la relación con el mundo exterior en nuestros primeros años de vida. La falta de una detección y discriminación de sonidos, hará que el aprendizaje del lenguaje oral sea muy difícil.

Tradicionalmente, ha sido la Psicoacústica la encargada de estudiar lo que ocurre en la dimensión puramente sensorial. Por otro lado los fenómenos asociados con la percepción del habla han sido parte del dominio de la Lingüística y la Fonética.

Cuando los sonidos estudiados son de habla, parece necesario definir una Psicoacústica del habla que nos permitirá integrar los conocimientos que resultan de todas las disciplinas relacionadas.

Todo esto viene a colación de la importancia de poner en relación varias ciencias que constituyen el entramado para poder entender cómo percibimos los humanos, para poder así diseñar un sistema que a todas luces sea eficaz para lo que se ha construido, es decir, para poder ayudar a un determinado colectivo de personas (personas con discapacidad auditiva, principalmente, profunda), a que mejoren su lenguaje oral con la idea de que dicha mejora repercute sobre el desarrollo general de su comunicación.

CAPÍTULO IV. PROYECTO ISAEUS/SISTEMA MARIUS: “Un software construido para facilitar el aprendizaje del lenguaje oral a personas con discapacidad auditiva”

Comenzamos este capítulo con el título que unifica los dos *softwares* construidos y que dan nombre a mi trabajo.

Esta aventura comenzó con un proyecto de la iniciativa TIDE (Telemática para discapacitados y ancianos), del IV programa Marco de la Unión Europea, concedido a un consorcio, cuya dirección ostentaba la Universidad Politécnica de Madrid (UPM) en España y cuyos socios activos eran: Promi (Asociación para la promoción del minusválido) de Cabra (Córdoba, España), TEIMA Audiotex (Madrid, España), la Universidad de Bonn (Alemania), Zentrale Für Gehörlose (ZfG), Cologne (Alemania), Thomson (Thomson Marconi Sonar S.A.S.) Sofía Antipolis (Francia), CRIN/INRIA (Centre de Recherche en Informatique de Nancy) Nancy (Francia) y Urapeda, Nancy (Francia) y con una financiación inicial de cuarenta millones de pesetas.

Promi contrató a un grupo de personas especialistas en este tema para el asesoramiento psicopedagógico del proyecto ISAEUS (Entrenamiento del habla para sordos y personas con afección auditiva) en su versión española, concretamente éramos un equipo de tres personas: un especialista en neuropsicología y aprendizaje para la discapacidad auditiva, otra era una persona sorda que aportaba sus vivencias y conocimientos y por último, la que escribe, en calidad de psicóloga-logopeda, como profesional en la práctica logopédica de niños y niñas con discapacidad auditiva. La función de este pequeño grupo fue estar en todo momento en contacto con los técnicos y programadores para aportar los

conocimientos necesarios para construir el sistema y también para el diseño de lo que llevarían las pantallas en la presentación del mismo.

El objetivo de este capítulo es describir brevemente el proyecto ISAEUS para después adentrarnos en profundidad sobre aspectos técnicos y sobre cómo funciona el sistema MARIUS, que será el objeto real de esta investigación. Realmente creo que este capítulo está a caballo entre lo que ha supuesto el estado de la cuestión de esta tesis y lo que ya es puramente la investigación, porque el hecho de describir el sistema hace que surgieran determinadas dudas que se plantearon en su construcción y cómo se fueron resolviendo en función de cómo iba mostrándose la investigación. Este prototipo final tiene mucho que ver con la investigación que yo realicé, pues hubo errores claros del sistema que tuvieron que ser subsanados en el mismo para que yo pudiera terminar el estudio. De hecho, tuve que realizar un segundo estudio (como ya se explicará en su momento) una vez que se habían perfeccionado los aspectos del sistema que habían resultado erróneos en el primero.

UNA NUEVA MANERA DE ENTENDER LA ENSEÑANZA DEL HABLA EN PERSONAS SORDAS. EL PROYECTO ISAEUS

El proyecto ISAEUS surgió con el propósito de desarrollar unas herramientas de hardware y software para el entrenamiento del habla de personas sordas y aquellas que tienen afecciones auditivas, en una base multilingüe (francés, alemán y español). Este proyecto se planteaba beneficiarse de la amplia experiencia del consorcio en el procesado automático de la voz en los tres idiomas, así como para la enseñanza de idiomas a personas sordas

y a extranjeros. Esto último era otro objetivo, aunque a más largo plazo, ya que en el se exponía:

“Se considerará la extensión del ISAEUS a la enseñanza de lenguajes extranjeros, ya que desde este punto de vista tiene similitudes con el campo del entrenamiento del lenguaje para afectados del oído”.

Para realizar el objetivo real, o sea, para construir un sistema para el entrenamiento del habla de las personas sordas y aquellas que tienen afecciones auditivas, este consorcio parte de una fundamentación teórica más coherente con los problemas de habla que presenta esta comunidad de la que tradicionalmente se venía partiendo.

El prototipo ISAEUS daba un giro respecto a propuestas anteriores, basándose en la percepción humana del sonido, realizando un complejo análisis que podía dividirse en dos partes fundamentales: el extractor de características o *front-end* (establecería un doble análisis en paralelo, por un lado realizaría un filtrado mediante un banco de filtros cocleares y por otro se analizaría la excitación y el *pitch*) y el analizador de voz (que extraería los parámetros acústicos y fonéticos de la voz) (Puertas, López y García, 1999; TEIMA, 1999). Posteriormente esta señal se devolvería al paciente transformada en información visual y vibrotáctil. La utilización de códigos visuales generaría una retro-alimentación que impulsaría la discriminación y asimilación de los componentes del habla. El sistema utilizaría el lenguaje de signos y el lenguaje escrito como medios para facilitar la comprensión de los ejercicios a realizar, y para que no existieran

lagunas posibles en “lo que se hace y por qué se hace” (Martínez, Sánchez y Navas, 1999).

El ISAEUS proponía ejercitar globalmente todos los parámetros (tanto suprasegmentales como segmentales) que componen el habla de manera que el análisis se iría complicando conforme el sujeto fuera avanzando en el proceso de aprendizaje, de forma que se harían análisis de voz más complejos en función de la evolución realizada por el usuario en cada uno de los ejercicios básicos (Martínez, Sánchez y Navas, 1999). El tema resultaba del máximo interés ya que esta población tiene serios problemas para comunicarse y la aparición de un sistema de estas características abriría las posibilidades de aprender el lenguaje oral.

El ISAEUS se fabricó, pero tuvo muchos problemas técnicos, sobre todo en cuanto al *hardware* (por ejemplo, la tarjeta de sonido que se construyó hacía que el ordenador continuamente se bloqueara), en cuanto al *software* también se presentaron dificultades (por ejemplo la dificultad de conseguir análisis con fonemas de tipo oclusivo).

Este proyecto se concluyó con la idea de seguir investigando para solucionar los problemas que se iban planteando y se dio paso a otro proyecto, pero ya no con el consorcio anteriormente descrito, sino que cada país siguió de forma privada, el sistema MARIUS es la evolución de este proyecto en España.

LA CONTINUACIÓN DEL ISAEUS: EL SISTEMA MARIUS

Información general

MARIUS es una herramienta *software* para el entrenamiento y perfeccionamiento del habla de personas con deficiencias auditivas. Se basa en reemplazar en el aprendizaje del habla la realimentación auditiva, que este colectivo tiene limitada, por una realimentación visual.

Este sistema se ha desarrollado a partir de los conocimientos obtenidos por el proyecto ISAEUS, como vimos anteriormente, y con algunos de sus objetivos que se expondrán posteriormente. Este proyecto anterior terminó en Julio de 2000 y fue entonces cuando se inició, ya solo en España, el sistema MARIUS.

En el ISAEUS, ya se perfilaban las características más deseables para que un sistema de enseñanza del lenguaje oral a través de ordenador, resultara lo más adecuado posible en niños y niñas que presentan problemas graves de audición.

Nuestra experiencia (de aquí en adelante lo que comente en plural es porque fue un trabajo de equipo) a partir de este proyecto nos ayudó a determinar los aspectos finales de las necesidades de las personas que lo iban a usar:

1. Integración de lenguaje de signos y de lenguaje escrito, como medios para facilitar la comprensión de los ejercicios. Actualmente algunos *softwares* para personas sordas han incluido el lenguaje de signos para mejorar la comprensión (Masrshal, Chinn y Moulton, 2005;).

2. Motivación. El sistema debe estar formado por ejercicios cortos en los cuales el interfaz de usuario resulte lo más atrayente posible, con la finalidad de mantener la atención y el interés de los niños y niñas sordas.
3. Retroalimentación visual de los parámetros acústicos. (Lejska, 2004) .
4. Entrenamiento global. El sistema debe enseñar todos los parámetros del habla de manera global, y no entrenar cada dimensión de la voz de manera aislada.
5. Presentación y análisis de los errores de pronunciación cometidos por las personas junto a consejos para corregirlos. De esta forma el entrenamiento es algo menos abstracto que el simple acoplamiento de patrones gráficos.

Este sistema está estructurado en varios niveles. Estos niveles van desde el entrenamiento de aspectos básicos en el habla, como son los relacionados con el soplo y la vibración de las cuerdas vocales, hasta los más avanzados, como la pronunciación de frases teniendo en cuenta aspectos suprasegmentales como son el ritmo y la entonación. Esta tesis se va a centrar en la primera fase de programación del sistema en el que se entrena soplo, tono y articulación de vocales. Se planteó trabajar en la ampliación de la programación de los ejercicios que contengan fonemas consonánticos, sílabas, palabras y posteriormente frases, aunque esto va a depender de financiación.

En esta primera fase cada nivel está compuesto de diferentes lecciones que son las unidades básicas del sistema. Para el diseño de cada una de las lecciones se ha tenido en cuenta el aprendizaje global del habla, es decir, en cada lección se entrenan de forma

conjunta varios parámetros del habla simultáneamente. Asimismo, se ha incluido información de apoyo en cada una de las lecciones que explica la utilidad del ejercicio, qué posibilidades de entrenamiento posee, cuáles son los objetivos que debe alcanzar el niño o niña así como un conjunto de consejos que permiten corregir los posibles problemas detectados. Además, con objeto de facilitar el aprendizaje del Sistema MARIUS, todas las lecciones presentan un aspecto uniforme.

Con el fin de mantener el interés de estos niños y niñas, tarea fundamental si se quiere que el proceso de aprendizaje sea el adecuado, la interfaz de usuario o usuaria ha sido especialmente cuidada para resultar lo más atrayente posible. Los ejercicios se han diseñado con un formato de juego y con una presentación muy atractiva. Además, están enlazados por un hilo argumental, el cuento del príncipe MARIUS, que los niños y las niñas pueden ir conociendo a medida que progresa en las lecciones. De esta forma pueden repetir el ejercicio las veces necesarias para alcanzar los objetivos marcados en cada lección.

En el entrenamiento de sus voces, las personas sordas deben sustituir la percepción acústica por la visual. MARIUS realiza la realimentación visual de la voz de dos formas que presenta simultáneamente: La primera es la basada en el juego. El usuario que se entrena puede observar la relación causa-efecto ante los sonidos que emite de una forma amena y sin necesidad alguna de conocimientos de acústica. La segunda utiliza representaciones técnicas, en tiempo real, de los sonidos emitidos como son la vibración de las cuerdas vocales, el espectrograma, la señal acústica y las bandas de energía, que estaría dirigida mas a los profesionales (logopedas, psicólogos, etc...).

Otro aspecto muy importante es la integración del lenguaje de signos y de la escritura como lenguajes de apoyo al sistema. De

esta forma se tiene en cuenta la información directa del individuo en su lenguaje natural. Es fundamental resaltar la importancia del apoyo de este lenguaje en el proceso de memorización. Numerosos estudios realizados con palabras aisladas han demostrado que las personas sordas recuerdan aquellas palabras que tienen equivalencia en su lenguaje natural.

Sistema MARIUS. Mapa del Reino

Cuando se ejecuta el sistema MARIUS aparece la pantalla que se muestra a continuación:

Ilustración 1



Cada rótulo del mapa representa una función de la aplicación. Pasando el puntero del ratón sobre cada rótulo se obtiene información relacionada con su contenido. Los rótulos son a su

vez botones que nos permiten acceder a las diferentes funcionalidades del sistema que son:

- La relacionada con la Administración



- Las que lo están con los diferentes niveles de aprendizaje y sus lecciones



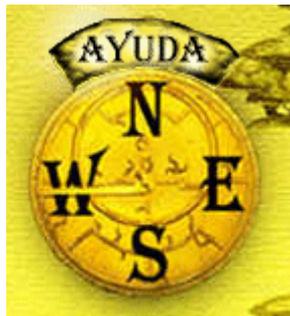
- La que cuenta el argumento de la historia



- La que muestra los créditos del sistema



- La ayuda



- La salida



Administración. Castillo de MARIUS

Ilustración 2

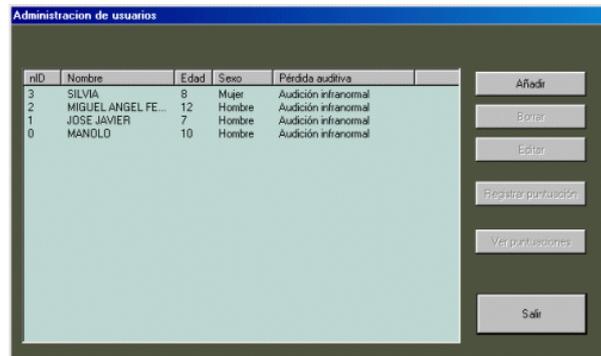


El sistema MARIUS permite que la ejecución de las diferentes lecciones se pueda realizar en dos modos:

Modo no Registrado: No se registra la puntuación del usuario o usuaria, por lo que no es posible realizar el seguimiento de la evolución de su aprendizaje. El menú de administración no se utiliza en este modo. Este es el modo por defecto del sistema.

Modo Registrado: Para acceder al segundo modo, pensado para el seguimiento y estudio de la evolución en el aprendizaje de las personas con discapacidad auditiva, se utiliza el menú de administración. Cuando se pulsa en este menú aparece el siguiente diálogo.

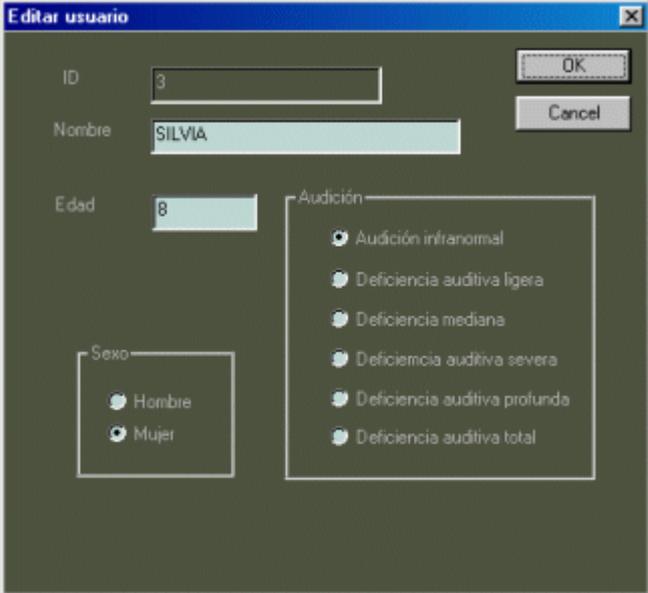
Ilustración 3



Este diálogo es el interfaz principal de la administración. En él aparecen las personas registradas del sistema. Es posible añadir, borrar y editar nuevos usuarios o usuarias. Además también con este diálogo se realiza el registro de las puntuaciones de éstos y éstas, así como de las puntuaciones que se han obtenido en las diferentes lecciones.

Para añadir, borrar y editar los datos de un usuario o usuaria se utiliza un diálogo común en el que se deben rellenar los campos nombre, edad, sexo y audición. Este diálogo se muestra a continuación:

Ilustración 4



Editar usuario

ID: 3

Nombre: SILVIA

Edad: 8

Sexo:

- Hombre
- Mujer

Audición:

- Audición infranormal
- Deficiencia auditiva ligera
- Deficiencia mediana
- Deficiencia auditiva severa
- Deficiencia auditiva profunda
- Deficiencia auditiva total

OK

Cancel

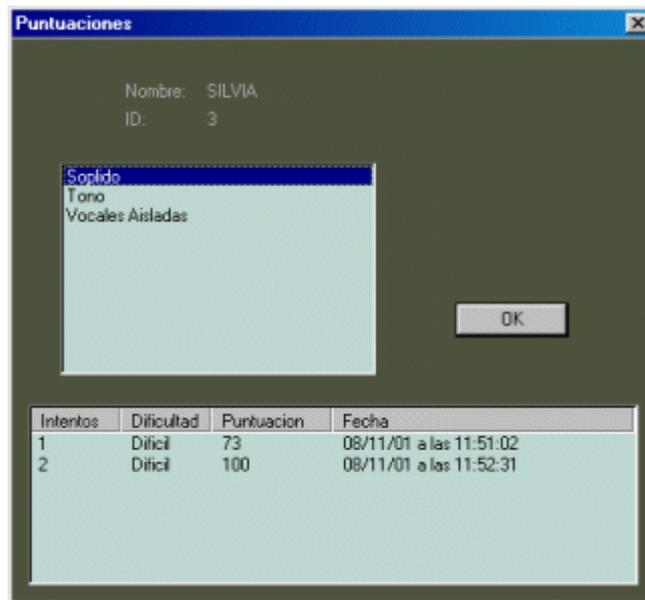
Para registrar la puntuación que obtienen los niños o niñas hay que seleccionar el usuario o usuaria deseada y hacer 'clic' en <registrar puntuación>. Aparecerá un diálogo de confirmación y el nombre del niño o niña se escribirá en la parte superior del mapa tal y como se muestra en la figura.

Ilustración 5



Por último para consultar las puntuaciones obtenidas por un usuario o usuaria se selecciona y se hace clic en *<Ver Puntos>* obteniendo como resultado un diálogo como el que se muestra a continuación.

Ilustración 6



Estructura general de los ejercicios

Los ejercicios están agrupados en cinco niveles con sucesivos grados de dificultad, desde aspectos básicos de la voz, como son el soplido y la vibración de las cuerdas vocales, hasta la pronunciación de frases.

Los niveles son los siguientes:

- Nivel de soplido y vibración de las cuerdas vocales. Entrenamiento de ambas habilidades tanto en forma continuada como rítmica.
- Nivel de vocales. Pronunciación de las vocales de forma aislada y discriminación de las vocales por medio de sus formantes.
- Nivel de fonemas. Entrenamiento de fonemas, sílabas sencillas y sílabas complejas
- Nivel de palabras. Entrenamiento de palabras tanto sencillas como complejas.
- Nivel de frase. Pronunciación de frases teniendo en cuenta la prosodia y otros aspectos suprasegmentales (ritmo, entonación y calidad de la pronunciación).

Los ejercicios están unidos por una línea argumental basada en la historia del Príncipe MARIUS, siguiendo un orden lógico bajo el criterio de menor a mayor complejidad. Sin embargo, ni el orden ni el número de veces que deben repetirse los ejercicios están impuestos por el sistema, siendo esta decisión responsabilidad del o la logopeda.

Realización de un ejercicio

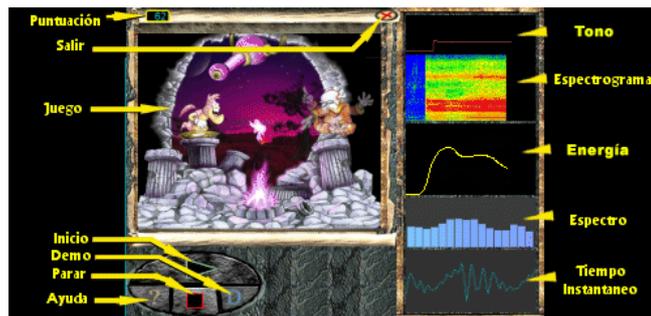
Para ejecutar un ejercicio basta con hacer 'clic' en uno de los rótulos que contienen lecciones. En la figura se muestra el menú desplegado correspondiente al Bosque Encantado donde se muestran los diferentes ejercicios de que consta el nivel de soplido y vibración de las cuerdas vocales.

Ilustración 7



Haciendo 'clic' en el ejercicio deseado aparece una pantalla donde se selecciona el nivel de dificultad. A continuación se muestra el ejercicio que tendrá un aspecto similar a la siguiente imagen:

Ilustración 8



En ella se observa la zona de juego que ocupa la mayor parte de la pantalla, debajo de ella están los mandos de control del ejercicio y a la derecha aparecen las representaciones técnicas de la voz.

● Zona de juego

En ella se desarrolla la acción del juego donde MARIUS se enfrenta a diferentes retos en los que necesita la ayuda del usuario. Durante la realización del ejercicio se podrá visualizar la puntuación. Esta parte es fundamental para la motivación del usuario.

● Consola de mandos

Mediante ella se controla la ejecución del ejercicio. Se compone de cuatro botones.

- Botón inicio. Comienza el ejercicio.
- Botón parada. Detiene el ejercicio.
- Botón demostración. Activa una demostración del ejercicio con ayuda de un video.
- Botón ayuda. Abre el sistema de ayuda.

● Representaciones técnicas

En cada lección existen cinco ventanas donde la señal de voz es representada de distintas formas. Estas representaciones se dividen en dos grupos, los que representan la señal de voz registrada y los que la representan de forma instantánea.

Representación registrada. Representa la señal de voz durante un tiempo máximo de 4 segundos. Son útiles para el estudio de la evolución de la señal de voz.

Visualizador de tono. Representación de la frecuencia de vibración de las cuerdas vocales.

Fundamentación teórica

Espectrograma. Representación simultánea del tiempo y la frecuencia de la señal de voz.

Energía registrada. Representación de la evolución de la intensidad de la voz en el tiempo.

Representación instantánea. Presentan de forma inmediata la señal actual, permitiendo ver esta señal con un mayor detalle.

Energía por bandas. Representación de la concentración energética de la señal de voz en cada una de las bandas críticas.

Tiempo instantáneo. Representación de la señal de voz instantánea.

Templo del Sabio

Nivel de soplo y vibración de las cuerdas vocales

Ilustración 9



Objetivos de este nivel

Los objetivos son el entrenamiento del soplido y de la vibración de las cuerdas vocales. A la vez se introduce al usuario o usuaria del sistema en la visualización de su voz.

Ejercicios

En este nivel se proponen 4 ejercicios: dos relacionados con el soplido y dos con la vibración de las cuerdas vocales.

Ilustración 10

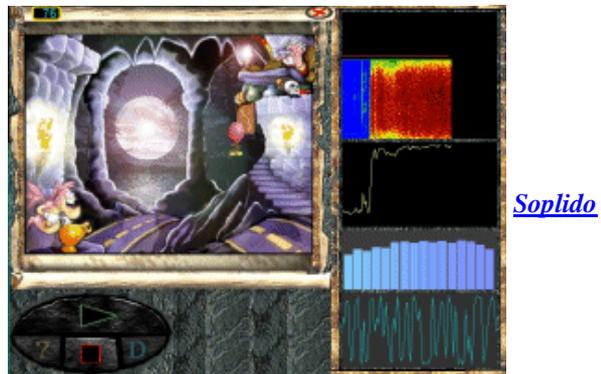


Ilustración 11



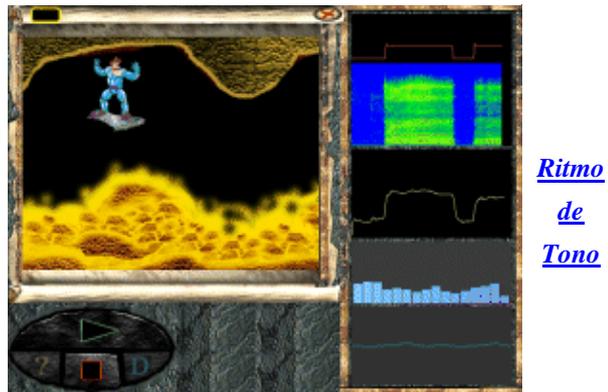
Tono

Ilustración 12



Ritmo
de
Soplido

Ilustración 13



Bosque Encantado

Nivel de vocales

Ilustración 14



Objetivos de este nivel

En este nivel el usuario va a adquirir la habilidad de pronunciar las vocales correctamente y aprender a distinguir unas de otras.

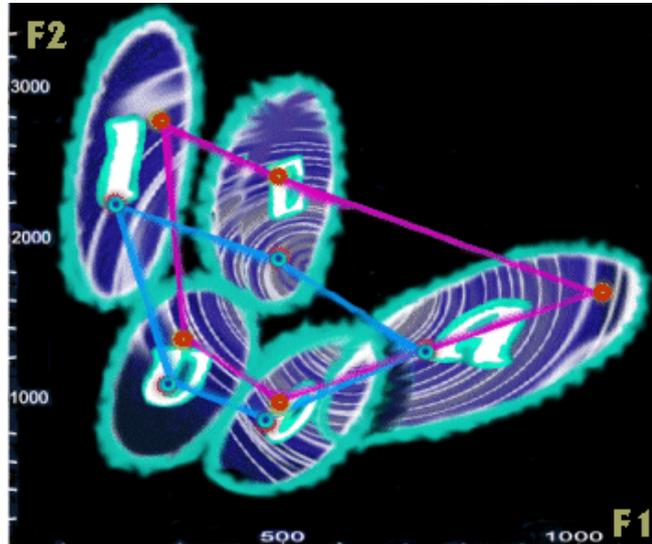
Ejercicios

En este nivel se proponen dos tipos de ejercicios. El primero de ellos, Visualización de Formantes, se basa en utilizar una característica técnica de las vocales que son los formantes. Con este ejercicio el usuario aprende a pronunciar las diferentes vocales y obtiene una realimentación visual inmediata de lo que pronuncia. El segundo ejercicio, Vocales Aisladas, permite practicar la pronunciación correcta de cada una de las vocales apoyándose en los resultados obtenidos con el ejercicio anterior.

Una de las principales características de la señal de voz es su variabilidad. Pronunciaciones de la misma palabra por diferentes hablantes presentan gran diferencia en la señal acústica que producen. Un ejemplo de esto lo tenemos en los formantes, que son parámetros que nos permiten distinguir unas vocales de otras. Si determinamos un rango de formantes único para todas las personas, las zonas que diferencian unas vocales de otras se solapan pudiendo llegar al punto de que un hablante puede tener los formantes de una vocal donde otro tiene los formantes de otra diferente. En la figura que se muestra a continuación se puede ver la representación para un conjunto grande de locutores de las vocales por medio de sus dos primeros formantes. El eje de abscisas corresponde al primer formante, F1, y el eje de ordenadas al segundo formante, F2. También se muestra el promedio del valor de los formantes para locutores adultos masculinos, en azul y femeninos, en rosa. En esta representación se puede observar

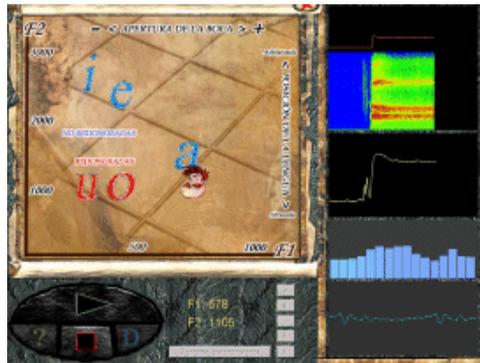
que las vocales A y O tienen una zona de solapamiento que nos impide discriminar ambas vocales.

Ilustración 15



La estrategia que se ha seguido en las lecciones dedicadas a las vocales ha sido la de ajustar de forma personalizada los formantes de cada usuario o usuaria. Mediante esta estrategia se evitan los problemas del solapamiento y la confusión entre las diferentes vocales. Esta personalización de los formantes se lleva a cabo en la lección Visualización de Formantes.

Ilustración 16



Visualización de Formantes

Ilustración 17



Vocales Aisladas

Sobre las vocales...

Las vocales son sonidos siempre sonoros, es decir, cuando se pronuncia una vocal las cuerdas vocales vibran. En las vocales, las señales abandonan el tracto vocal por la boca; el velo está levantado de forma que cierra la apertura existente entre la faringe y la nariz. En la generación de las vocales no existen cierres o constricciones fuertes en el tracto vocal.

La caracterización de las vocales se puede realizar bajo dos puntos de vista. Por una parte su producción, en la que las vocales son descritas por un conjunto de parámetros articulatorios que nos indican cómo se deben colocar los órganos fonadores para generar el sonido; en el segundo se analiza la señal acústica que se genera caracterizándola por medio de parámetros físicos como son frecuencia, amplitud, etc.

La caracterización desde el punto de vista de su producción se realiza en general mediante los siguientes tres parámetros articulatorios:

- Apertura de la boca. Se realiza con el movimiento correspondiente del maxilar; Como boca abierta se distinguen hasta cuatro grados apertura (cerrada, casi cerrada, casi abierta y abierta).
- Posición de la lengua. Como posición de la lengua se distinguen dos: adelantada [i] y retrasada [a].
- Redondez de los labios. Como redondez de los labios se distinguen dos: vocales no-redondeadas y vocales redondeadas. Hay una fuerte tendencia en todos los idiomas del mundo a que las vocales adelantadas son no redondeadas y las retrasadas son redondeadas. En castellano las dos vocales frontales [i], [e] y la vocal [a] son no-redondeadas, y las dos vocales retrasadas [u] y [o] son redondeadas.

Desde el punto de vista de la señal acústica generada, las vocales son caracterizadas por las frecuencias de resonancia del tracto vocal. Efectivamente, cuando se pronuncia una determinada vocal el área y la configuración del tracto vocal es marcadamente diferente respecto a las restantes vocales, es por ello que las frecuencias de resonancia (denominado en fonética como

formantes) caracterizan completamente a una vocal respecto a las otras.

Los primeros dos formantes (F1 y F2) son los que tienen mayor influencia en la articulación de las vocales y además contienen la mayor parte de la energía acústica de la señal. Son estos formantes los que se perciben como el timbre característico de cada vocal, y también son los más decisivos en la identidad de una determinada vocal.

El primer formante (F1) está relacionado con el parámetro articulatorio "apertura de la boca", cuando la apertura de ésta aumenta, la frecuencia de este primer formante crece verificándose la relación contraria cuando se cierra la boca.

El segundo formante (F2) está relacionado con la posición de la lengua, cuanto más adelantada está, mayor es la frecuencia del segundo formante.

Las relaciones entre los parámetros acústicos y los articulatorios son aprovechadas por este sistema para la enseñanza de las vocales.

Ilustración 18



A MODO DE CONCLUSIÓN

El programa ISAEUS y posteriormente el sistema MARIUS han sido diseñados exclusivamente para ayudar a mejorar el lenguaje oral de las personas sordas. Se describen minuciosamente todos los aspectos del sistema MARIUS por ser éste el verdadero prototipo que pretende evaluar esta tesis. Así pues, podemos sobresaltar el hecho de que este sistema muestra una presentación que armoniza más con la población sorda (concretamente la de los niños y niñas sordas), ya que incluye el lenguaje de signos como medio para facilitar la comprensión de los ejercicios, plantea la retroalimentación visual de los parámetros acústicos (como forma más idónea de realimentación a estas personas), se presenta de forma atrayente además de por los diseños por la introducción de una historia (a la forma de los juegos de Play Station, lo que hace que resulte atractivo a los

niños y niñas), se toman en cuenta los errores de articulación y se aconseja la mejor manera de corregirlos y hay un entrenamiento global de los parámetros del habla.

Por otra parte, se tratan de subsanar todas las problemáticas que se pueden derivar de una determinada articulación de la forma más idónea (teniendo en cuenta, claro está, lo que pueden dar de sí las nuevas tecnologías aplicadas a la rehabilitación del habla). Para ello, se presenta una pantalla que se ajusta a las voces de los niños y de las niñas, para lo cual, se introducen bases de datos de ambos sexos para un mejor reconocimiento de voz.

**SEGUNDA PARTE: DESARROLLO DE LA
INVESTIGACIÓN**

FUNDAMENTACIÓN METODOLÓGICA

En este capítulo comienza la investigación de esta tesis, cuyo verdadero objetivo, es mejorar el aprendizaje del lenguaje oral de las personas con discapacidad auditiva, utilizando el prototipo MARIUS. Concretamente, mi planteamiento es conseguir un efecto en la optimización de la producción de los fonemas vocálicos, con la idea de que ello ayudará a la inteligibilidad del habla de estas personas.

Para ello voy a tratar de explicar la experiencia que desarrollé en dos centros educativos que utilizaron el sistema MARIUS en sus intervenciones logopédicas con una serie de niños y niñas (en su mayoría sordos profundos).

El objetivo de este capítulo es doble, por un lado, especificar las características de los niños y niñas que participaron en la experiencia, y por otro, determinar los primeros aspectos metodológicos que cobran importancia en este estudio, que son las primeras fases de la investigación, donde abordo, fundamentalmente, el proceso seguido en la formulación de mis objetivos específicos y en la recogida de datos.

OBJETIVOS E HIPÓTESIS

El objetivo general de esta investigación es la evaluación del prototipo MARIUS para comprobar si hay mejora en el aprendizaje del lenguaje oral de niños y niñas con discapacidad auditiva, para conseguir un efecto en la optimización de la producción de los fonemas vocálicos y por tanto ayudar a la inteligibilidad del habla de estas personas y como sistema de apoyo a los y las logopedas.

Este objetivo lo vamos a detallar en dos más específicos:

1. Conocer si hay mejora en los aspectos suprasegmentales y en los fonemas vocálicos que son necesarios para la articulación del habla.
2. Conocer si el sistema mantiene el interés para los niños y niñas.

Estos objetivos los vamos a concretar en las siguientes hipótesis de trabajo:

Hipótesis relativas a la mejora en los aspectos suprasegmentales del habla

Hipótesis 1: Los niños y niñas que iniciaron el programa de intervención deberían aprender a soplar correctamente, en todos los niveles de dificultad.

Hipótesis 2: Los niños y niñas que iniciaron el programa de intervención deberían aprender a controlar el tono, en todos los niveles de dificultad.

Hipótesis 3: Los niños y niñas que iniciaron el programa de intervención deberían aprender a controlar el ritmo de soplo en los diferentes niveles de dificultad.

Hipótesis 4: Los niños y niñas que iniciaron el programa de intervención deberían aprender a controlar el ritmo de tono en los diferentes niveles de dificultad.

Hipótesis relativas a la mejora de los fonemas vocálicos

Hipótesis 5: Los niños y niñas que iniciaron el programa de intervención deberían aprender a articular el fonema /a/.

Hipótesis 6: Los niños y niñas que iniciaron el programa de intervención deberían aprender a articular el fonema /e/.

Hipótesis 7: Los niños y niñas que iniciaron el programa de intervención deberían aprender a articular el fonema /i/.

Hipótesis 8: Los niños y niñas que iniciaron el programa de intervención deberían aprender a articular el fonema /o/.

Hipótesis 9: Los niños y niñas que iniciaron el programa de intervención deberían aprender a articular el fonema /u/.

Hipótesis relativas a la motivación que proporciona el sistema

Hipótesis 10: Los niños y niñas demostrarían interés al trabajar con el sistema MARIUS.

JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN: HACIA UNA METODOLOGIA CUASI-EXPERIMENTAL

En el diseño de esta investigación intento “comprobar los efectos del sistema MARIUS en determinadas habilidades prelingüísticas (soplo, tono, ritmo de soplo y ritmo de tono) y lingüísticas (vocales) necesarias en el desarrollo del habla normal para personas sordas”, con este fin se realiza un entrenamiento de 6 meses (Campisi, Low, Papsin, Mount, Cohen-Keren y Harrison, 2005, utilizan el mismo período de entrenamiento para valorar la mejora en la articulación del habla en niños y niñas tras haber sido sometidos a un implante coclear) en 15 niños y niñas con el objetivo de comprobar el efecto que dicho entrenamiento tiene en el desarrollo de las habilidades antes mencionadas.

Lo ideal sería comparar la ejecución de los sujetos sordos y sordas con otros sujetos de sus mismas características (edad, sexo...) también sordos y sordas (con oyentes ya lo hace el propio sistema) que no reciben la intervención en los mismos ejercicios de ejecución final de los que reciben tratamiento. Esta posibilidad era complicada debido a las características de la población, ya que resulta difícil encontrar sujetos que cumplan con los requisitos necesarios. Además, sabemos que una persona sorda difícilmente podría adquirir dichas competencias lingüísticas de forma natural (Silvestre, 1998; Juarez y Monfort, 2001) y menos en tan solo 6 meses. Por esta razón, parto de la idea de que el desarrollo que obtienen los y las participantes no es fruto de la maduración y sí del entrenamiento efectuado.

Desde este punto, trato de comprobar la ejecución de los sujetos en tres puntos temporales distintos: el inicio o línea base previa al

entrenamiento, periodo intermedio o tratamiento propiamente dicho y un momento final, tras acabar el tratamiento.

Utilizo un diseño de medidas repetidas, conocido también como diseño intrasujetos o diseño de medida múltiple, que se caracteriza por el registro de diversas medidas de la variable dependiente en un mismo grupo de sujetos en momentos temporales distintos.

En el diseño de medidas repetidas una variable dependiente es medida en los mismos sujetos tantas veces como niveles tenga la variable independiente. Su objetivo principal es, a partir de un diseño intrasujetos, evaluar a través del tiempo el efecto que sobre los sujetos tiene una intervención, tratamiento o aprendizaje.

Ventajas de este tipo de diseños:

- Reducen la varianza de error y son uno de los diseños con mayor potencia estadística (Arnau, 1995; Riba, 1990; Stevens, 1992).
- Necesita menor número de sujetos para llevar a cabo el estudio con respecto a las investigaciones en las que se utilizan diseños de grupos (Pascual, 1995; Vallejo, 1991).

Inconvenientes:

- Efectos de periodos positivos (los producidos por el propio aprendizaje y por la familiaridad) y efectos de periodos negativos (los producidos por la fatiga y la frustración).
- Posible correlación o dependencia entre las distintas puntuaciones de los sujetos.

Para el análisis estadístico he empleado el paquete estadístico *Statistical Package for the Social Sciences* (SPSS, versión 11) y para la realización de todas las gráficas derivadas de dicho análisis he utilizado tanto el SPSS como el *Microsoft Word* (Microsoft Office XP Profesional).

UNA EXPERIENCIA “A PIE DE AULA” CON EL SISTEMA MARIUS

En el curso 2001-2002, iniciamos (hablo en plural porque como posteriormente se explicará, la realizamos las seis logopedas que intervinieron y yo, como experimentadora) la intervención con 15 niños y niñas con sordera severa o profunda, con edades comprendidas entre 2 y 13 años, sin trastornos asociados a la discapacidad auditiva, con la particularidad de presentar dificultades en la articulación de las vocales y con la consecuente falta de inteligibilidad en su habla. Se llevó a cabo en dos centros educativos, uno situado en Jerez (Cádiz) y otro en Cabra (Córdoba) especializados en esta población y, por lo tanto, en diversas aulas de logopedia. Aunque, como posteriormente se expondrá, el verdadero estudio se realizó en el curso 2002-2003, con otros 15 niños y niñas (con edades comprendidas entre 4 y 13 años) de los mismos centros y con las mismas características de los anteriores.

El compromiso inicial fue utilizar el Sistema MARIUS con estos niños y niñas desde el mes de Enero hasta el mes de Junio, en dos sesiones semanales de aproximadamente cuarenta minutos.

Los registros iniciales fueron muy simples, ya que las logopedas solo tenían que recoger, antes del inicio de la intervención, los

datos del alumnado (estos datos se exponen más adelante en el apartado sobre la muestra, TABLAS 1 y 2):

1. Sujeto
2. Sexo
3. Edad
4. Tipo de sordera
5. Tipo de ayuda auditiva
6. Modalidad de comunicación
7. Nivel educativo
8. Antecedentes familiares de sordera
9. Ambiente lingüístico
10. Habilidad lectora
11. Usa habitualmente el ordenador
12. Comprende las instrucciones del programa

Después registraban una primera anotación (que servía de línea base) donde recogían:

- Tipo de ejercicio: presenta 9 niveles: 1.soplo, 2.tono, 3.ritmo soplo, 4.ritmo tono, 5.a, 6.e, 7.i, 8.o, 9.u
- Nivel de dificultad: tiene 3 niveles: 1.fácil, 2.normal, 3.difícil.
- Interés ante el ejercicio: consta de 4 niveles: 1.alto (tiene ganas de empezar la sesión, sonrío y se va hacia el ordenador e intenta poner en marcha el programa), 2.medio (Cuando ponemos el

programa, sonríe y colabora), 3.bajo (No se niega, pero trata de hacer otra actividad diferente a la del programa), 4.ninguno (Se niega y llora, no quiere venir y no participa).

- Puntuaci3n: el rango de la puntuaci3n ha sido de 0 a 10.

A partir de aquí ya se iban registrando las puntuaciones que iba consiguiendo el alumnado.

Me parece oportuno y de utilidad mostrar las pantallas de los ejercicios y su argumento (el argumento central del cuento está en el *software* en “*El portal al reino de fuego*”), así como hacer referencia a sus objetivos y a los consejos que da el programa, para que el lector o lectora se haga una idea real de esta intervenci3n

Vamos a empezar por la variable soplo que está dentro del “*Templo del sabio*”:



El argumento de esta pantalla es el siguiente (es importante recordar que este argumento también se traduce a la lengua de signos para facilitar la comprensión del ejercicio):

“El único que puede ayudar a Marius es el Viejo Sabio que vive en el Templo. Pero es un poco despistado y Marius tendrá que encontrar el modo de comunicarse con él...”

De repente se le ocurre que puede atar su mensaje a un globo y utilizando una máquina sopladora hacer llegar el globo al Viejo Sabio

Para hacer llegar el mensaje al Viejo Sabio tiene que hacer que la máquina funcione.

¡¡¡ AYÚDALE TÚ SOPLANDO!!!”

El objetivo que se plantea se especifica a continuación:

- Objetivo del ejercicio: Aprender a soplar de forma mantenida y con fuerza.
- Lo que se tiene que hacer es soplar en el micrófono para que el globo alcance su objetivo. La trayectoria del globo proporciona la realimentación visual de la intensidad del soplido. Sin soplido el globo volverá a caer a la parte inferior. Se mueve hacia arriba cuando el usuario sopla, y se mueve hacia la parte derecha cuando esta intensidad se mantiene durante una cierta cantidad de tiempo. Para realizar con éxito este ejercicio el globo debe llegar al sabio.

- Criterio de puntuación. La puntuación depende de lo lejos que haya llegado el globo en su intento de alcanzar su objetivo final.

Los consejos que proporciona el programa para mejorar la ejecución:

“Si nos has conseguido el objetivo de este ejercicio o quieres mejorar tu puntuación, puedes realizar los siguientes ejercicios prácticos:

- *Coge una pajita y sopla a través de ella adaptando los labios a la misma. Poniendo tu mano en el otro extremo notarás una corriente de aire. Ahora prueba soplando sobre el micrófono.*
- *Infla las mejillas y luego suelta el aire. Si no puedes hacerlo, llena tu boca de agua y verás como consigues inflarlas. Después, ya sin agua, sigue con la mímica de beber.*
- *Pon una hoja de papel cerca de tu boca. Tienes que soplar para que se mueva.*
- *Usa un "matasuegras". Si coges aire y soplas muy fuerte se extiende totalmente.”*

Seguimos dentro del *templo del sabio* para ver la variable tono, y encontramos lo siguiente:



El argumento de esta pantalla es:

“Gracias a la ayuda del Viejo Sabio, Marius va a poder romper el hechizo. Para ello el Mago le introduce en la máquina transformadora. Esta máquina funciona con la magia que produce la vibración de tus cuerdas vocales. Por ello:

¡¡ HAZ QUE VIBREN TUS CUERDAS VOCALES Y ASÍ MARIUS PODRÁ VOLVER A SU FORMA HUMANA!!”

Objetivo del ejercicio:

- Objetivo del ejercicio: Aprender a hacer vibrar las cuerdas vocales.
- Lo que se debe hacer: Pronunciar un sonido sonoro de forma sostenida que activará, mediante la magia, la máquina de transformación. Esta magia subirá mientras las cuerdas vocales estén vibrando y bajará si estas no vibran. Para completar con éxito

este ejercicio deberá llevar la magia hacia la posición más alta y así realizar la transformación

- Criterio de puntuación: La puntuación depende de lo lejos que haya llegado la magia en su intento de alcanzar su objetivo final.

Los consejos para mejorar la ejecución:

- *“Tócate la garganta mientras estás pronunciando el sonido. Debes notar una vibración. Asegúrate que esa vibración se mantenga durante el tiempo necesario para la realización del ejercicio.*
- *Si no notas esa vibración, expulsa aire como si sintieses picor en la garganta a la vez que te tocas la garganta con la mano”.*

Siguiendo en el *Templo del sabio* nos vamos a la variable ritmo de soplo:



El argumento es:

“El Viejo Sabio aconseja a Marius ir en busca de la Armadura Mágica que se encuentra en las Cuevas que hay bajo su Templo. Para viajar por ellas el Sabio le ha prestado la Alfombra Voladora. Pero el viaje esta lleno de peligros y deberás ayudar a Marius a manejar la alfombra. En la primera parte de su camino debe encontrar la puerta al Río de Fuego.

*¡¡SOPLA PARA IMPULSAR LA ALFOMBRA Y ASÍ SORTEAR
LOS OBSTÁCULOS!!*

Objetivo del ejercicio:

- Objetivo del ejercicio: Aprender a controlar el soplido.
- Lo que se tiene que hacer: Soplar en el micrófono para sortear los obstáculos. Marius se eleva dependiendo

de la intensidad del soplido lo que proporciona la realimentación visual. Sin soplido Marius no avanza. Se mueve hacia arriba cuando el usuario sopla, y hacia abajo cuando deja de soplar. Para realizar con éxito este ejercicio Marius debe llegar a la cueva que es la entrada el Río de Fuego, con el menor número de colisiones posibles.

- Criterio de puntuación. La puntuación es mayor cuanto menos colisiones se hayan producido.

Los consejos para mejorar la ejecución:

- *“Si has chocado con la parte inferior de la cueva quiere decir que has soplado muy flojo. Tendrás que volver al ejercicio de soplido. Ya verás como pronto lo haces bien.*
- *Si has chocado con la parte superior quiere decir que has soplado muy fuerte. Debes intentar soplar más suavemente hasta que consigas no chocar con la cueva.”*

En cuanto a la variable el ritmo de tono:



El argumento es:

“En la profundidad de las Cuevas el Río de Fuego es el último obstáculo para llegar a la Armadura Mágica. El peligroso fuego debe ser esquivado y para lograrlo Marius necesita tu ayuda

¡¡HAZ QUE VIBREN TUS CUERDAS VOCALES PARA QUE LA ALFOMBRA SE ELEVE SOBRE EL FUEGO Y MARIUS PUEDA CONSEGUIR SU ARMADURA!!”

Objetivo del ejercicio:

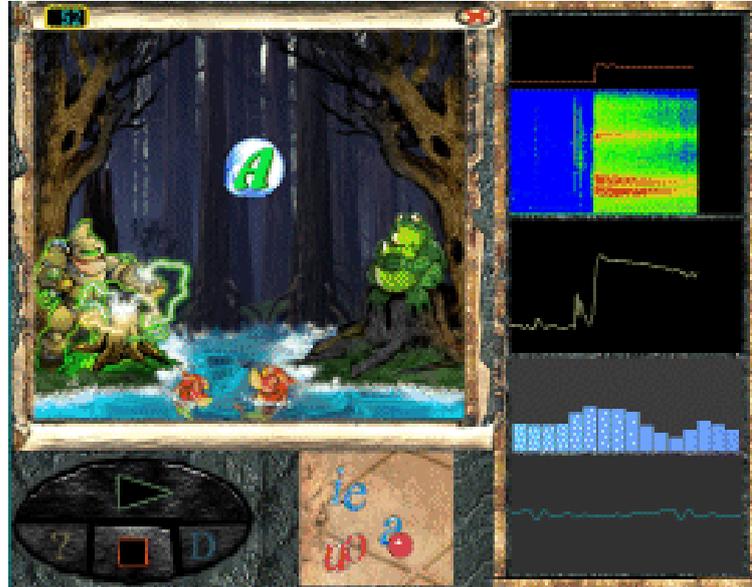
- Objetivo del ejercicio: Aprender a controlar el ritmo de la vibración de las cuerdas vocales.
- Lo que el usuario tiene que hacer: Emitir un sonido en el que vibren las cuerdas vocales para sortear el Fuego. Sin sonido o con un sonido sordo (en el que no vibran las cuerdas vocales) Marius cae hacia la lava, si se emite un sonido vibrante, Marius se eleva.
- Criterio de puntuación. La puntuación es mayor si ha evitado la lava sin llegar a chocar contra ella.

Los consejos para mejorar la ejecución:

- *“Tócate la garganta mientras estás pronunciando el sonido. Debes notar una vibración. Asegúrate que esa vibración se mantenga durante el tiempo necesario para la realización del ejercicio.*
- *Si no notas esa vibración, expulsa aire como si sintieses picor en la garganta a la vez que te tocas la garganta con la mano”.*

Siguiendo la línea presentada anteriormente describo las pantallas, los ejercicios, los consejos e incluso el argumento del cuento, en

cuanto a las vocales. De esta manera entramos en *El bosque encantado* y se comienza con los ejercicios de vocales:



Con respecto al argumento de las pantallas (todas son iguales solo difiere la vocal) es el siguiente:

“La Rana Guardiana custodia el Puente del Lago que conduce al bosque. Si quiere seguir su camino Marius tendrá que dar de comer a la Rana con Burbujas Mágicas. Para hacerlas llegar Marius debe lanzar un hechizo a cada una de las Burbujas.

¡¡AYÚDALE PRONUNCIANDO CORRECTAMENTE CADA UNA DE LAS 5 VOCALES!!”

El objetivo que se plantea lo específico a continuación:

Objetivo del ejercicio:

- Pronunciar todas las vocales correctamente.
- Lo que se tiene que hacer. Pronunciar la vocal indicada y sostenerla durante el tiempo necesario para llevar la burbuja hacia la Rana.
- Criterio de puntuación. La puntuación es mayor cuanto más lejos llegue la burbuja.

Los consejos para mejorar la ejecución:

- *“Si tienes problemas para pronunciar la vocal **A**, sigue estas instrucciones:*
 1. *Para el 1^{er} formante (F1): Abrir la boca lo más posible.*
 2. *Para el 2^o formante (F2): Poner el punto de articulación en la parte central de la boca. Para ello la lengua permanece plana en el suelo de la boca, con la punta detrás de los incisivos, no toca el paladar, ni los molares superiores en ninguna parte.*
- *Si tienes problemas para pronunciar la vocal **E**, sigue estas instrucciones:*
 1. *Para el 1^{er} formante (F1): Abrir la boca unos cuatros milímetros. La contracción muscular voluntaria para su emisión es media.*
 2. *Para el 2^o formante (F2): La lengua permanece plana en el suelo de la boca tocando*

con cierta fuerza la parte baja de la parte inferior de la boca.

- *Si tienes problemas para pronunciar la vocal **I**, sigue estas instrucciones:*

1. *Para el 1^{er} formante (F1): Tienes que abrir la boca unos dos milímetros. La contracción muscular voluntaria para su emisión es media.*

2. *Para el 2^o formante (F2): Los dientes superiores e inferiores están muy próximos sin llegar a tocarse, los incisivos inferiores algo atrás de los superiores, en distinto plano vertical. La punta de la lengua se apoya con cierta fuerza en la cara posterior de los incisivos inferiores; la lengua se arquea fuertemente tocando el paladar, ó sea, ambos lados, dejando en el centro un canal relativamente estrecho por donde sale el aire espirado sonoro.*

- *Si tienes problemas para pronunciar la vocal **O**, sigue estas instrucciones:*

1. *Para el 1^{er} formante (F1): Abrir la boca unos seis milímetros. La contracción muscular voluntaria para su emisión es media. Los labios avanzan hacia fuera en forma tubular y ovalada.*

2. *Para el 2^o formante (F2): Recoger la lengua hacia el fondo de la boca elevándose por la parte posterior contra el velo del paladar. La punta desciende hasta tocar los alvéolos de los dientes inferiores y no es visible.*

- *Si tienes problemas para pronunciar la vocal U, sigue estas instrucciones:*
 1. *Para el 1^{er} formante (F1): Abrir la boca unos cuatro milímetros. La contracción muscular voluntaria para su emisión es media.*
 2. *Para el 2^o formante (F2): Recoger la lengua hacia el fondo de la boca, poniendo la parte posterior contra el velo del paladar. La punta de la lengua debe colocarse al nivel de los alvéolos dentales inferiores y sólo los roza suavemente.”*

Al comenzar el registro de puntuaciones propiamente dicho nos encontramos con un serio problema que detuvo la intervención. El sistema funcionaba de la siguiente manera: cuando un niño o niña articula una vocal, el sistema compara esa producción con una base de datos de voces de niños y niñas oyentes de su misma edad, articulando esa misma vocal. Así pues, me encontré con que en un número elevado de niños y niñas con sordera (sobre todo profundas) esas vocales no podían ser perfectas, en un primer momento, sin embargo las logopedas informaban que sus articulaciones se situaban dentro de lo que el oído humano interpretaría como adecuadas, aunque no lo serían al ser comparadas con la población de referencia, por lo que el sistema las calificaría como mal pronunciadas.

Evidentemente, el sistema funcionaba como un simulador, pero no se correspondía con los múltiples procesos que se realizan durante la percepción del habla, puesto que normalmente percibimos distintas variables acústicas de un mismo fonema (por ejemplo, vocal) como si fueran idénticas (MacKay, 1987). Esto es

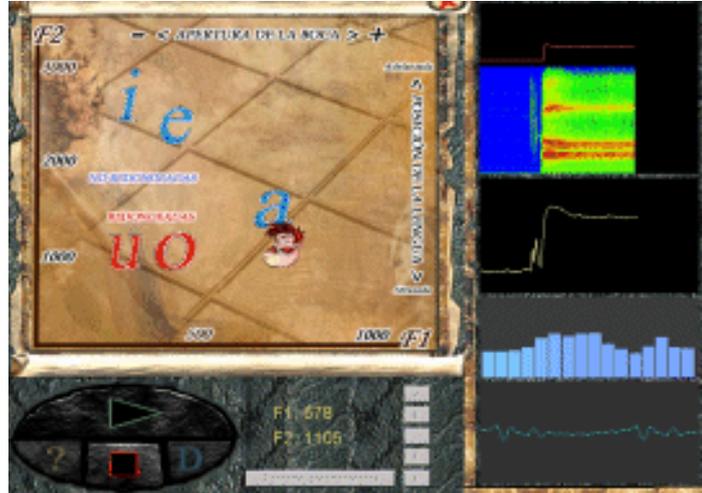
debido a que la clave relevante para la identificación de las vocales es la posición relativa de los formantes y no sus valores absolutos. Esto es así porque los valores absolutos de los formantes no están ligados unívocamente a las distintas categorías fonológicas. Los valores concretos de los formantes dependen del hablante, dado que distintos hablantes poseen tractos vocales diferentes. No existe una fórmula sencilla que permita normalizar los valores de las frecuencias de los formantes (Munar, 1999).

Nuestros niños y niñas se frustraban al ver que no podían conseguir los objetivos que les iban proponiendo los ejercicios. A la vez, las logopedas interpretaban, ya, los sonidos como correctos aunque no perfectos, por lo tanto, el sistema no estaba ayudando a este alumnado en su cometido. Esto planteaba el hecho de que los niños y niñas no querían continuar y como consecuencia cuando volvían a la sesión siguiente no querían trabajar con el sistema.

Después de estudiar distintas maneras de solucionar este problema, establecimos como lo más adecuado (viendo como era la respuesta de los niños y niñas) que el sistema tuviera la posibilidad de hacer un registro de las propias vocales del niño o niña cuando, su emisión es la más correcta, al oído de la logopeda, de tal manera que el alumnado tendría que ir aproximándose primero a su mejor vocal pronunciada, estableciéndose posteriormente, la posibilidad de ir comparándola con la norma.

Para ello se estableció un ejercicio basado en la visualización de los formantes. Es un ejercicio independiente del argumento de la historia y no tiene puntuación, sin embargo, es muy útil para superar el nivel de vocales. El aspecto más importante que ofrece este ejercicio es la posibilidad de la personalización de formantes y por lo tanto la solución al problema que se planteó. Mediante

ella es posible guardar para cada niño o niña los valores exactos que toman sus formantes en la pronunciación de cada vocal. Este proceso se describe con más detalle en el capítulo siguiente.



MÉTODO

Muestra

La intervención se inicia en una primera fase (como ya se explicó anteriormente) con 15 niños y niñas con sordera severa (Pérdida media entre 70 y 90 db.) o sordera profunda (Pérdida media superior a 90 db.). Estos niños y niñas tenían edades comprendidas entre 2 y 13 años, sin trastornos asociados a la discapacidad auditiva, y con la particularidad de presentar dificultades en la articulación de las vocales y con la consecuente falta de inteligibilidad en su habla. Concretamente, 6 niñas y 9 niños ; de los cuales 3 están en el intervalo de 2 años – 2 y 10 meses, 2 de 4 años, 1 de 6 años, 1 de 7 años, 2 de 8 años, 2 de 10

años, 2 de 11 años y 1 de 12 años y 1 de 13 años. Tos con sordera profunda salvo un niño.

En la segunda fase (la investigación propiamente dicha) se inicia con 20 niños y niñas sordas (distintos de los anteriores), con edades comprendidas entre 4 y 13 años, con las mismas características de los niños y niñas anteriores, de los cuales seleccionamos sólo 15, ya que los 5 restantes faltaron al colegio en repetidas ocasiones y no realizaron todas las sesiones.

Los niños y niñas de esta segunda fase provenían de las aulas de logopedia de dos centros de educación especial:

- ⇒ 9 participantes del Centro de Educación Especial de Sordos de Jerez (Cádiz)
- ⇒ 6 participantes del Centro de Educación Especial “Niño Jesús” de Cabra (Córdoba)

A continuación los datos de los alumnos y alumnas del 2º estudio (ver tabla 1 y 2):

1. Sujeto
2. Sexo: 1. mujer (M), 2.varón (V)
3. Edad
4. Tipo de sordera: 1-Profunda (Pro); 2-Severa (Sev)
5. Tipo de ayuda auditiva: 0-sin ayuda (Sin ay.); 1-prótesis (Prót); 2-implante coclear.
6. Modalidad de comunicación: 1-oral; 2-signada (Sig); 3-bilingüe.(Bili)

- 7.** Nivel educativo: 1-1° E.I.; 2-2° E.I.; 3-1° E.P.; 4-2° E.P.; 5-3° E.P.; 6-4° E.P.
- 8.** Antecedentes familiares de sordera: 1-sí; 2-no; 3-desconocida.(Des)
- 9.** Ambiente lingüístico: 1-oral; 2-signado (Sig); 3-bilingüe.(Bili)
- 10.** Habilidad lectora: 1-ninguna; 2-reconoce vocales; 3-reconoce consonantes; 4-silabea; 5-lee las palabras despacio pero sin silabear y comprendiendo lo que lee; 6-lee y comprende lo que lee de manera adecuada.
- 11.** Usa habitualmente el ordenador: 1-sí; 2-no.
- 12.** 12.Comprende las instrucciones del programa: 1-sí; 2-no; 3-a veces

Tabla 1: *Tabla de datos de los alumnos y alumnas.*

Sujeto	1	2	3	4	5	6	7	8
Sexo	M	V	V	V	V	M	V	V
Edad	4	4	5	5	5	6	7	8
Tipo de Sordera	Pro.	Pro.	Pro.	Pro.	Pro.	Sev.	Pro.	Pro.
Ayuda auditiva	Prót							
Modalidad Comunic.	Bili	Sig	Sig	Sig	Bili	Oral	Sig	Sig
Nivel Educativo	1° E.I.	1° E.I.	1° E.I.	1° E.I.	2° E.I.	2° E.I.	2° E.I.	4° E.P.
Anteced. Familiares	Des	Si	Si	No	Des	No	Si	No
Ambiente Lingüís.	Oral	Sig	Bili	Oral	Ora	Oral	Sig	Ora
H.H. Lectoras	2	1	3	1	2	3	4	5
Usa Ordenad.	Si	No	Si	No	Si	Si	Si	Si
Compre. Instrucc.	Si							

Tabla 2: Tabla de datos de los alumnos y alumnas (continuación).

Sujeto	9	10	11	12	13	14	15
Sexo	M	M	V	V	M	M	V
Edad	10	10	10	11	11	12	13
Tipo de Sordera	Pro	Pro.	Pro.	Sev.	Pro.	Pro.	Pro.
Ayuda auditiva	Sin Ay.	Prót	Sin Ay.				
Modalidad Comunic.	Oral	Sig	Sig	Sig	Sig	Sig	Sig
Nivel Educativo	1° E.P.	4° E.P.	3° E.P.	1° E.P.	3° E.P.	4° E.P.	4° E.P.
Anteced. Familiares	No	No	Des.	Des.	Des.	Des.	Des.
Ambiente Lingüís.	Oral						
H.H. Lectoras	3	5	4	3	4	4	4
Usa Ordenad.	Si	Si	Si	No	Si	No	Si
Compre. Instrucc.	Si						

La muestra del segundo estudio (que es el que nos va a interesar) está compuesta por 15 participantes (como ya se dijo anteriormente): 9 niños y 6, niñas. Con respecto a la edad, tenemos dos participantes de 4 años, tres de 5 años, uno de 6 años, uno de 7 años, uno de 8 años, tres de 10 años, dos de 11 años, uno de 12 años y por último uno de 13 años. En cuanto al tipo de sordera, el estudio cuenta con 13 participantes con sordera profunda y solo dos niños con sordera severa. Esto es debido a que el alumnado con este tipo de sordera tienen muchos menos problemas en cuanto a la inteligibilidad de su habla que los que presentan sordera profunda, (Silvestre, 1998; Juárez y Monfort, 2001). Si nos fijamos en la tabla observaremos que 9 de estos participantes tienen prótesis frente a 6 que no tienen ningún tipo de ayuda. La modalidad de comunicación predominante es la signada, frente a dos participantes que presentan modalidad oral y 2 bilingüe.

Presentamos a continuación una serie de gráficas que pueden ayudar a hacernos una idea de la muestra.

Tabla 3: Edad.

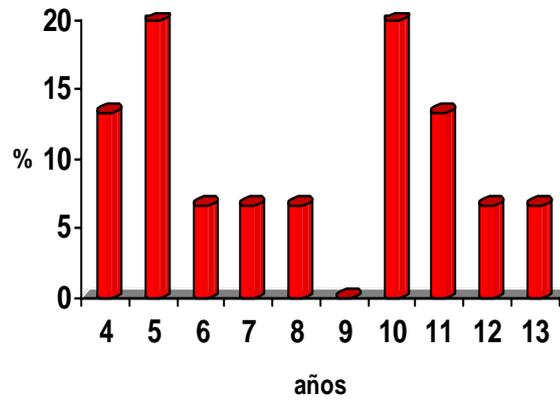


Tabla 4: Sexo

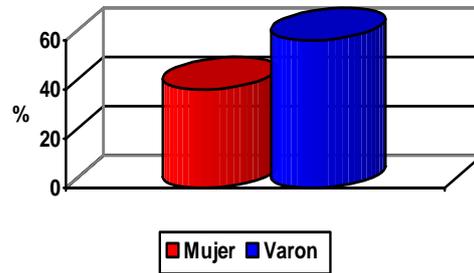


Tabla 5: *Tipo de sordera*



Tabla 6: *Modalidad comunicativa*

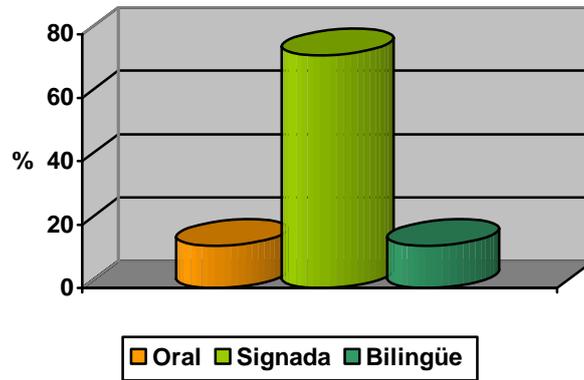


Tabla 7: *Ambiente lingüístico.*

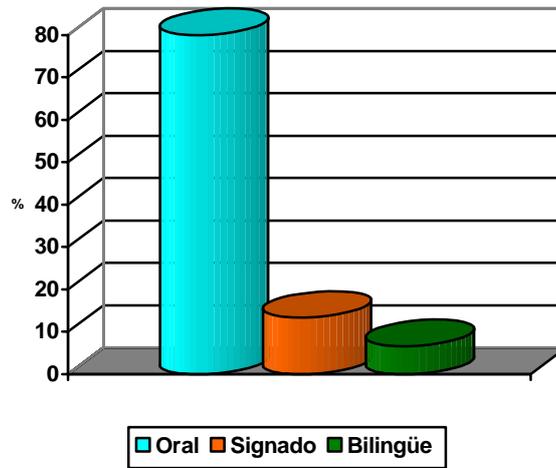


Tabla 8: *Nivel educativo*

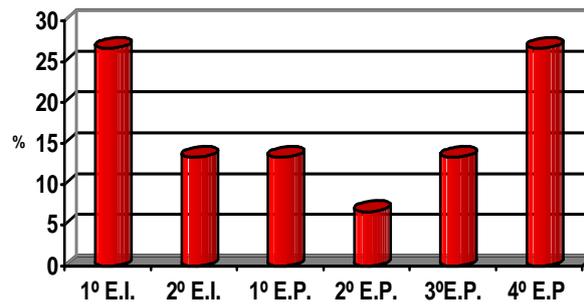
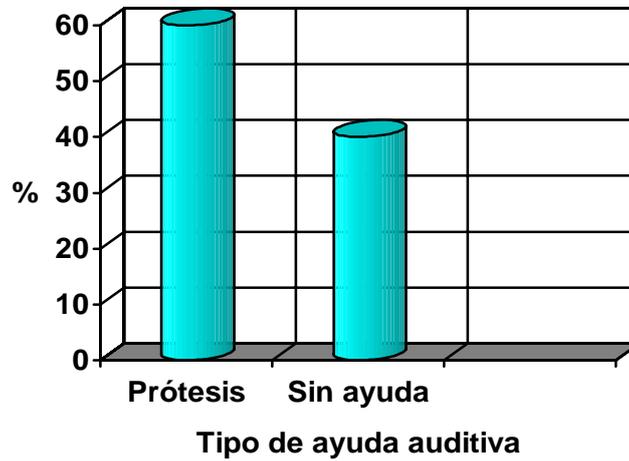


Tabla 9: *Ayuda auditiva.*



Instrumentos de evaluación y recogida de datos

Los instrumentos de evaluación que hemos utilizado han sido:

- La escala de optimización del habla desarrollada en el sistema MARIUS: formada por una base de datos de voces de niños y niñas de todas las edades comprendidas en la investigación y que opera de la siguiente manera: cuando se articula una vocal, el sistema compara esa producción

con dicha base de datos de voces de niños y niñas oyentes de su misma edad, articulando esa misma vocal.

- Valoración de las logopedas de los sonidos emitidos por los niños y niñas (en total fueron 6 logopedas).

Como instrumentos para la recogida de datos, hemos elegido:

- Un cuestionario para las familias y el profesorado con vistas a describir la muestra (anexo I).
- Un registro para ir anotando las puntuaciones obtenidas en la escala de optimización del sistema (anexo II).

Procedimiento

Primera fase del estudio (estudio piloto)

El estudio piloto esta formado por 15 niños y niñas sordas (desde los 2 hasta los 13 años), sin trastornos asociados a la discapacidad auditiva, con la particularidad de presentar dificultades en la articulación de las vocales y consecuente falta de inteligibilidad en su habla.

Antes de iniciar la intervención con el sistema MARIUS, se explicó a estos participantes en qué consistía el funcionamiento del programa que iban a utilizar, así como su finalidad. Una vez que estuvimos seguras (las logopedas y yo) de que habían comprendido lo que se les pedía, se comenzó la intervención.

Al evaluar los primeros resultados de este estudio inicial, observé (como también me habían comentado las logopedas en sus anotaciones) que cuando los niños y niñas se iban aproximando de forma correcta a la vocal, según la valoración de la logopeda, el sistema lo daba como incorrecto, debido, como ya señalamos anteriormente, a que el sistema compara la producción con una base de datos de voces de niños y niñas sin patología alguna, así pues los niños y niñas no obtenían una retroalimentación adecuada de sus emisiones resultándoles imposible, por tanto, determinar si el ejercicio lo estaban haciendo correctamente. En este momento de la intervención los niños y niñas se frustraban y se negaban a continuar.

Segunda fase del estudio (estudio propiamente dicho)

El estudio definitivo se realiza con otros 20 participantes con sordera severa o profunda, con edades comprendidas entre 4 y 13 años con las mismas características de los niños y niñas anteriores, de los cuales seleccionamos sólo 15, por las razones antes expuestas.

Una vez que cada logopeda le contó a los niños y niñas que iban a participar en la experiencia cómo funcionaba el sistema, establecimos una fase de “preentrenamiento”. Ésta consistía en que el niño o niña iba articulando la vocal que se estuviera ejercitando en la pantalla de “Visualización de formantes” hasta que la logopeda consideraba que la vocal era relativamente adecuada (o sea, comenzaba a ir en la línea de lo que debía ser la vocal, ya que la oían como dicha vocal), ésta sería “la vocal-diana”.

Una vez que el niño o niña conseguía de forma sistemática llegar a esta “vocal-diana”, se pasaba a la “fase de entrenamiento” donde se comparaba con la “vocal-predeterminada” (vocal perfecta del sistema) y se procedía a la recogida de datos.

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS

En este capítulo presento los datos que obtuvimos cómo los organicé, los análisis estadísticos que hice y cómo los he interpretado.

ORGANIZACIÓN DE LOS DATOS

La recogida de datos parece algo fácil, sin embargo se complica considerablemente cuando la muestra a la que nos dirigimos la constituyen niños y niñas, ya que hay que ir al ritmo que ellos y ellas nos marcan, porque de lo contrario dejan de colaborar.

Teniendo en cuenta esto, hemos tenido que realizar dos estudios diferentes y con distintos niños y niñas (como ya comenté en el capítulo anterior). En el primer estudio se recogían las puntuaciones que iba mostrando el programa, hasta que los niños y niñas iban abandonando. No obstante, en el segundo estudio, (para salvar los problemas que planteó el primero) establecí que había que conseguir que los niños y niñas iniciaran la articulación de la vocal (vocal-diana), es decir, se pusieran en el camino de la articulación de la vocal, hecho éste que solo era perceptible gracias a la valoración que hacían las logopedas de los sonidos emitidos por los niños y niñas, y después se disponía la recogida de datos propiamente dicha, para lo cual hacían 10 registros por cada variable en cada nivel de dificultad, un primer registro a modo de línea base (no se podían hacer más para no alargar el periodo de línea base y que no hubiera efecto de aprendizaje). Los

siguientes ocho registros son la intervención propiamente dicha, en ellos el alumnado intentaba desarrollar estrategias para cambiar la articulación según la retroalimentación que obtenían de la pantalla con el sistema, y así, poder conseguir el objetivo del ejercicio, y por último se realizaba otro registro una vez finalizada la intervención (para determinar si realmente había una mejora en los objetivos propuestos).

ANÁLISIS DE DATOS

Como ya dije en el capítulo anterior he utilizado un diseño de medidas repetidas, conocido también como diseño intrasujetos y diseño de medida múltiple, que se caracterizan por el registro de diversas medidas de la variable dependiente en un mismo grupo de sujetos (Balluerka y Vergara, 2002).

En el diseño de medidas repetidas una variable dependiente es medida en los sujetos en varios momentos temporales. Generalmente su objetivo principal suele ser evaluar a través de un periodo de tiempo el efecto que sobre los sujetos tiene una intervención, tratamiento o aprendizaje.

El análisis estadístico lo realicé con el paquete estadístico “*Statistical Package for the Social Sciences*” (SPSS, Versión 11).

Al ser la unidad de medida la misma a través de las distintas fases, las puntuaciones de los niveles de la variable independiente se pueden correlacionar entre sí. Por esta razón el análisis exige que se cumpla el supuesto de esfericidad o circularidad, es decir,

requiere que las varianzas de las diferencias entre cada par de medias de medidas repetidas sean constantes (Harris, 1975; Kirk, 1982; McCall y Appelbaum, 1973; Mendoza, 1980; Vallejo, 1991). Siempre que se cumple este supuesto, el cociente de medias cuadráticas sigue exactamente la distribución F , a pesar de que exista covarianza entre las observaciones. Una forma particular de esfericidad es la denominada *simétrica* o *combinada*, cuya presencia exige que las correlaciones entre todos los pares de medidas repetidas sean iguales. Requiere la igualdad de las varianzas muestrales y la igualdad de las correlaciones (Maxwell y Delaney, 1990; Pascual y Caramasa, 1991). Aunque el incumplimiento de la simetría compuesta no implica que se ha trasgredido la esfericidad, indica que probablemente se ha producido tal trasgresión. En los casos en los que no se cumple el supuesto de esfericidad, se obtienen estimaciones positivamente sesgadas de la razón F (Box, 1954).

Antes de aplicar el análisis de la varianza, conviene verificar si se cumple el supuesto de esfericidad de la matriz de varianzas-covarianzas del diseño (Balluerka y Vergara, 2002). Para ello, se puede utilizar la prueba de esfericidad de Mauchly (1940). En este caso, se cumple el supuesto de esfericidad (no se viola el supuesto) cuando el resultado del contraste con el estadístico W de Mauchly es no significativo.

En caso de que no se cumpla el supuesto de esfericidad, se pueden adoptar varias alternativas. Algunas de las más utilizadas son:

- Corregir los grados de libertad de la razón F mediante la ϵ de Greenhouse y Geisser (Balluerka y Vergara, 2002).

- Aplicar el análisis multivariante de la varianza (Girden, 1992).

Una vez realizado esta breve introducción, presento mis resultados:

Tabla 10: Pruebas de esfericidad de Mauchly y Pruebas de efectos intrasujetos de las variables “soplo” y “tono”.

	PRUEBA DE ESFERICIDAD DE MAUCHLY($p < 0,05$)					PRUEBA DE EFECTOS INTRASUJETOS ($p < 0,05$)			
	W de Mauchly	Chi-Cuadrado	gl	p	Greenhous e-Geiser	Suma de cuadrados	gl	F	P
SOPLO									
D-1	0	0	2	0,00	0,5	29,469	1	2,266	0,154
D-2	0,105	29,307	2	0,00	0,528	125,831	1,055	2,394	0,142
D-3	0,466	9,928	2	0,007	0,652	402,024	1,304	5,422	0,024
TONO									
D-1	0,079	32,954	2	0,00	0,521	2011,036	1,041	3,611	0,76
D-2	0,268	17,109	2	0,00	0,577	456,772	1,155	1,995	0,177
D-3	0,225	19,412	2	0,00	0,563	2867,947	1,127	9,095	0,007

Tabla 11: Pruebas de esfericidad de Mauchly y Pruebas de efectos intrasujetos de las variables “Ritmo de soplo” y “ritmo de tono”.

	PRUEBA DE ESFERICIDAD DE MAUCHLY ($p < 0,05$)					PRUEBA DE EFECTOS INTRASUJETOS ($p < 0,05$)			
	w de mauchly	chi-cuadrado	gl	p	greenhouse-geiser	suma de cuadrados	gl	f	p
Ritmo de SOPLO									
D-1	0,862	1,928	2	0,381	--	303,400	2	3,120	0,060
D-2	0,604	6,561	2	0,038	0,716	6107,783	1,432	45,059	0,00
D-3	0,507	8,828	2	0,012	0,670	466,444	1,340	25,925	0,00
Ritmo de TONO									
D-1	0,698	4,675	2	0,097	--	24,957	2	4,932	0,015
D-2	0,251	17,953	2	0,00	0,572	1160,368	1,144	46,716	0,00
D-3	0,362	13,223	2	0,001	0,610	978,809	1,221	22,948	0,00

Tabla 12: Pruebas de análisis de tendencias de las variables “soplo”, “tono” Ritmo de soplo” y “ritmo de tono”.

PRUEBAS DE CONTRASTES INTRASUJETOS ($p < 0.05$)					
		Suma de cuadrados	gl	F	p
SOPLO					
D-1	--	--	--	--	--
D-2	--	--	--	--	--
D-3	Lineal	396,033	1	6,178	0,026
TONO					
D-1	--	--	--	--	--
D-2	--	--	--	--	--
D-3	Lineal	2842,133	1	10,143	0,007
Ritmo de SOPLO					
D-1	--	--	--	--	--
D-2	Cuadrático	227,783	1	5,687	0,032
D-3	Lineal	464,133	1	32,030	0,00
Ritmo de TONO					
D-1	Cuadrático	8,823	1	5,622	0,033
D-2	Lineal	1153,2	1	51,779	0,00
D-3	Lineal	963,33	1	25,705	0,00

Tabla 13: Pruebas de esfericidad de Mauchly y Pruebas de efectos intrasujetos de las variables "vocal A", "vocal E" y "vocal I".

	PRUEBA DE ESFERICIDAD DE MAUCHLY ($p < 0.05$)					PRUEBA DE EFECTOS INTRASUJETOS ($p < 0.05$)			
	W de Mauchly	Chi- Cuadrado	gl	p	Greenhous e-Geiser	Suma de cuadrados	gl	F	p
V-A									
D-1	0,562	7,502	2	0,023	0,695	74,934	1,390	2,089	0,160
D-2	0,645	5,709	2	0,058	--	399,332	2	4,385	0,022
D-3	0,128	26,709	2	0,035	0,534	2198,997	1,068	5,361	0,033
V-E									
D-1	0,561	7,515	2	0,023	0,695	6229,113	1,390	18,733	0,00
D-2	0,297	15,799	2	0,00	0,587	3560,654	1,174	11,576	0,003
D-3	0,705	4,541	2	0,103	--	1491,199	2	8,605	0,001
V-I									
D-1	0,260	17,503	2	0,00	0,575	124,543	1,150	0,933	0,362
D-2	0,882	1,638	2	0,441	--	19,787	2	0,676	0,517
D-3	0,548	7,820	2	0,020	0,689	10,320	1,377	1,689	0,213

Tabla 14: Pruebas de esfericidad de Mauchly y Pruebas de efectos intrasujetos de las variables "vocal O" y "vocal U".

	PRUEBA DE ESFERICIDAD DE MAUCHLY ($p < 0.05$)					PRUEBA DE EFECTOS INTRASUJETOS ($p < 0.05$)			
	W de Mauchly	Chi- Cuadrado	gl	p	Greenhous e-Geiser	Suma de cuadrados	gl	F	p
V-O									
D-1	0,182	22,162	2	0,00	0,550	5189,993	1,100	39,621	0,00
D-2	0,217	19,877	2	0,00	0,561	3676,134	1,122	28,943	0,00
D-3	0,138	25,774	2	0,00	0,537	2947,457	1,074	24,688	0,00
V-U									
D-1	0,843	2,220	2	0,330	--	19,760	2	0,154	0,866
D-2	0,756	3,635	2	0,162	--	207,976	2	6,608	0,004
D-3	0,493	9,196	2	0,010	0,664	7,116	1,327	0,167	0,757

Tabla 15: Pruebas de análisis de tendencias de las variables "vocal A", "vocal E", "vocal I", "vocal O" y "vocal U".

PRUEBAS DE CONTRASTES INTRASUJETOS ($p < 0.05$)					
		Suma de cuadrados	gl	F	p
V-A					
D-1	--	--	--	--	--
D-2	Lineal	307,200	1	5,466	0,035
D-3	Lineal	2184,533	1	6,829	0,020
V-E					
D-1	Lineal	6134,7	1	22,194	0,00
D-2	Lineal	3477,633	1	14,031	0,002
D-3	Lineal	1470	1	14,432	0,002
V-I					
D-1					
D-2	--	--	--	--	--
D-3	--	--	--	--	--
V-O					
D-1	Cuadrático	119,993	1	6,860	0,020
D-2	Lineal	3674,33	1	32,131	0,00
D-3	Lineal	2940,300	1	27,660	0,00

V-U					
D-1	--	--	--	--	--
D-2	Lineal	192,533	1	14,692	0,002
D-3	--	--	--	--	--

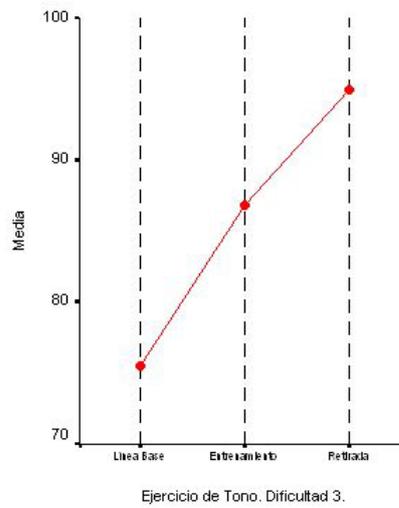
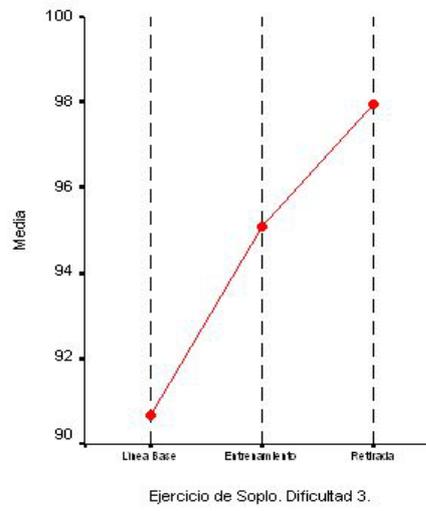
El análisis de los datos obtenidos en esta muestra revela, en primer lugar, que no hay diferencias significativas en las variables *soplo* y *tono* (ver tabla 10) tanto en su nivel 1 como en su nivel 2 (dificultad fácil y normal, respectivamente) y en la variable de *ritmo de soplo* en su nivel 1, esto quiere decir, que no existe una mejora estadísticamente significativa en estas variables. Por otro lado, en la variable *vocal A* (ver tabla 13) en su nivel 1, tampoco se han observado diferencias significativas (entre el momento de línea base del estudio y la posterior retirada de la intervención, o sea, que tampoco se produce mejora) igual que en ningún nivel de la variable *vocal I* y en el nivel 1 y 3 (dificultad alta esta última) de la variable *vocal U*.

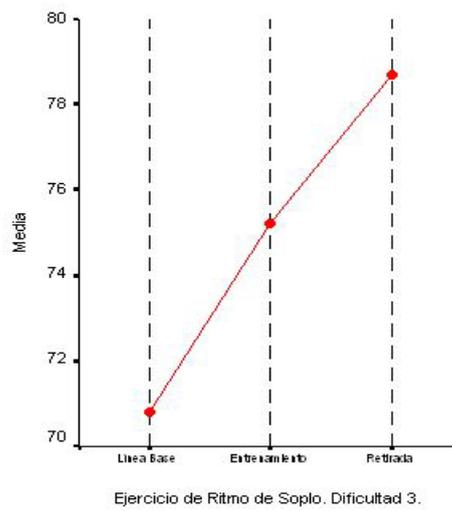
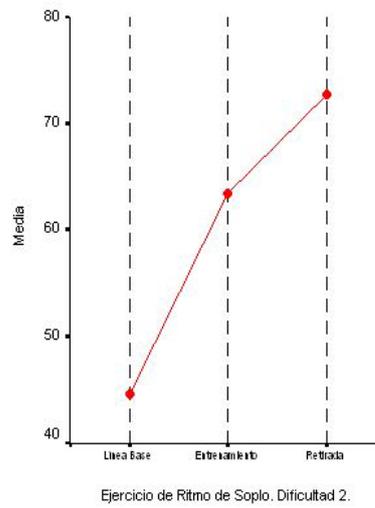
Sin embargo, se han encontrado diferencias significativas (o sea que sí hay mejora), en las variables de *soplo* y *tono* en su nivel 3 de dificultad (ver tabla 10), en la variable de *ritmo de soplo* en su nivel 1 y en la variable *ritmo de tono* en todos sus niveles. En cuanto a las demás variables, observamos diferencias significativas (entre las fases de línea base, entrenamiento y retirada) en la variable *vocal A* en sus niveles 2 y 3 y en las variables *vocal E* y *vocal O* en todos sus niveles, y si miramos la última variable (*vocal U*) veremos que se observan estas diferencias solo en el nivel 2.

En el posterior análisis de tendencias podemos observar, en la variable *soplo* en su nivel 1 (nivel de dificultad fácil), una tendencia lineal-ascendente, al igual que en el *tono* en su nivel 3 (nivel de dificultad alta); en cuanto al *ritmo de soplo* en su nivel 2 (nivel de dificultad normal) muestra una tendencia cuadrática-ascendente y en su nivel 3 lineal-ascendente. En la variable *ritmo de tono* me encuentro con que en el nivel 1(nivel de dificultad fácil), el análisis resulta cuadrático, en un primer momento ascendente y que después de un punto de inflexión desciende ligeramente; en los niveles 2 y 3 presenta una tendencia lineal-ascendente. En cuanto a la variable *vocal A* tanto en el nivel 2 como en el 3, observo que la tendencia es lineal-ascendente. Si miramos la siguiente variable (la variable *vocal E*) podemos ver, en los tres niveles de la variable, una tendencia lineal-ascendente. Continuo con la variable *vocal O* encontrando que en su nivel 1 muestra una tendencia cuadrática ascendente con un ligero punto de inflexión; en sus niveles 2 y 3 percibimos una pauta lineal-ascendente. En la última variable (*vocal U*), halló una tendencia en su nivel 2, lineal-ascendente.

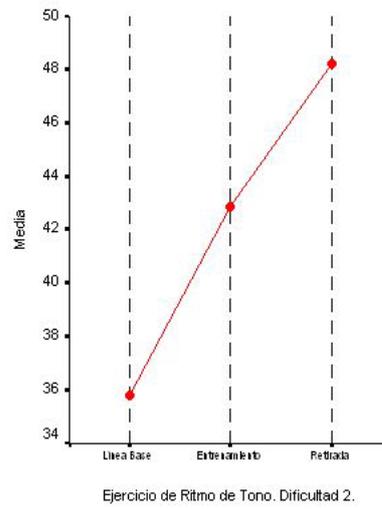
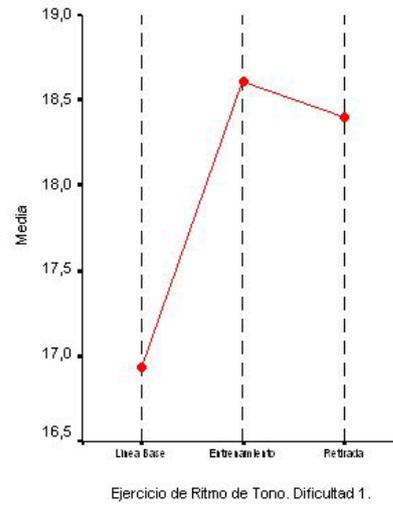
Las graficas de los resultados que fueron significativos aparecen a continuación.

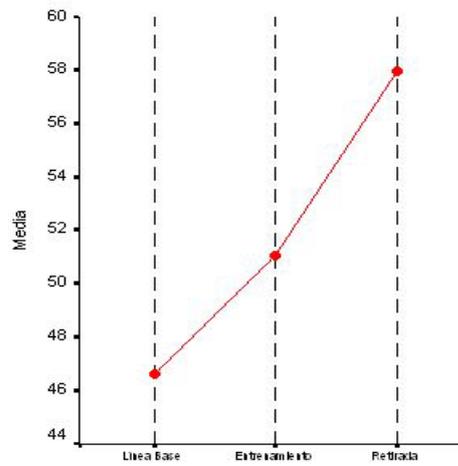
Desarrollo de la investigación



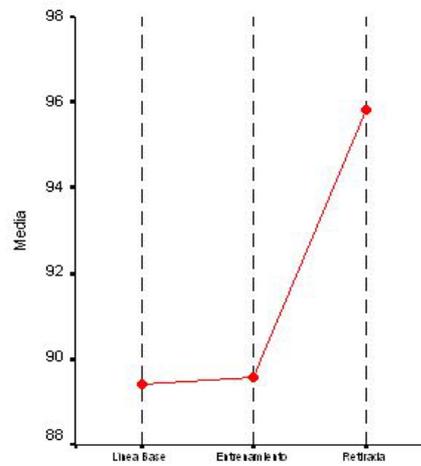


Desarrollo de la investigación



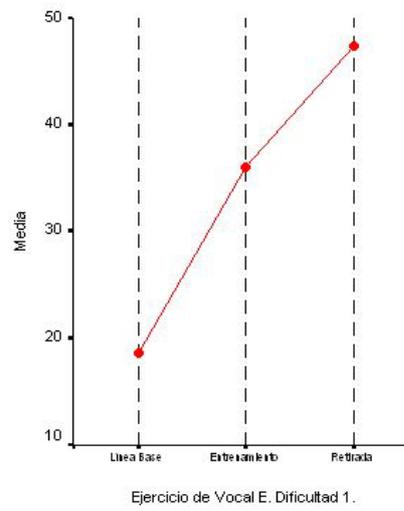
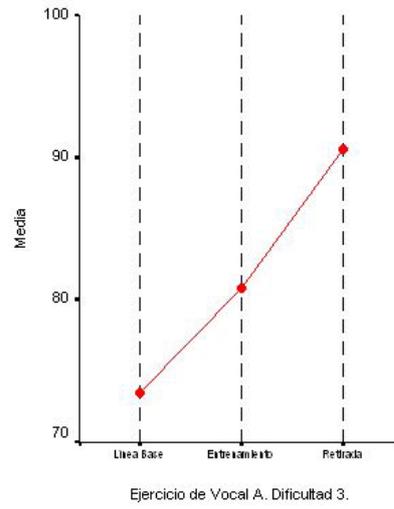


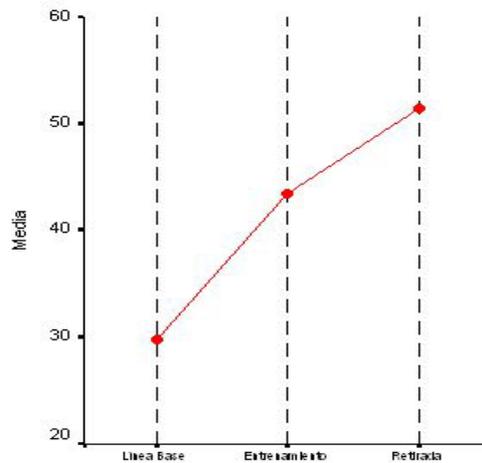
Ejercicio de Ritmo de Tono. Dificultad 3.



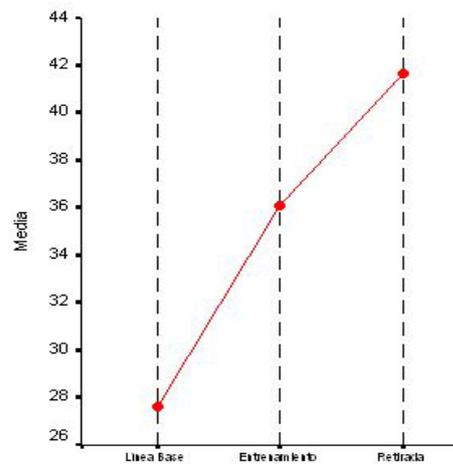
Ejercicio de Vocal A. Dificultad 2.

Desarrollo de la investigación



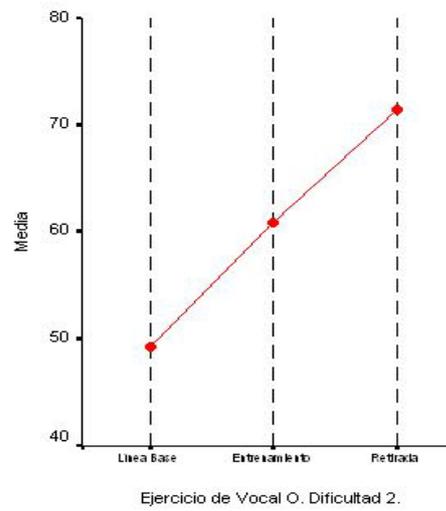
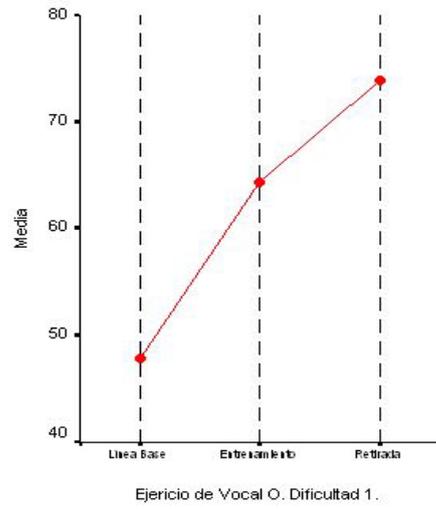


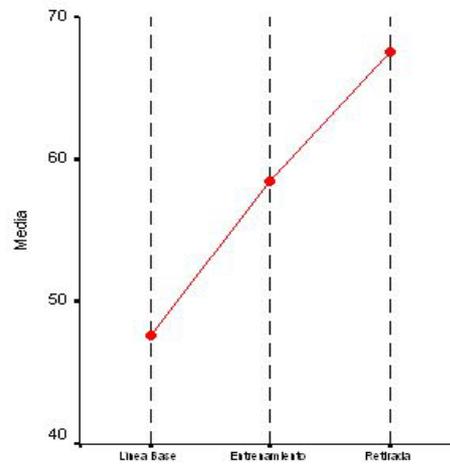
Ejercicio de Vocal E. Dificultad 2.



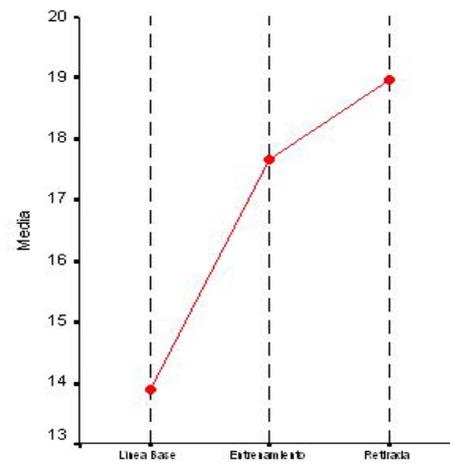
Ejercicio de Vocal E. Dificultad 3.

Desarrollo de la investigación





Ejercicio de Vocal O. Dificultad 3.



Ejercicio de Vocal U. Dificultad 2.

Realicé otro análisis posterior, en este caso hacía referencia a los datos que iban tomando las logopedas respecto al interés que manifestaba el alumnado en relación a cada uno de los ejercicios que se le iban presentando. El interés era valorado en función de una serie de comportamientos observados en los niños y niñas:

1. Registraban que un niño o niña tenía un nivel de interés alto si *“tiene ganas de empezar la sesión, sonrío y se va hacia el ordenador e intenta poner en marcha el programa”*.

2. Registraban que un niño o niña tenía un nivel de interés medio *“cuando ponemos el programa, sonrío y colabora”*.

3. Registraban que un niño o niña tenía un nivel de interés bajo si *“no se niega, pero trata de hacer otra actividad diferente a la del programa”*.

4. Registraban que un niño o niña tenía un nivel de interés nulo si *“se niega y/o llora, se resiste a comenzar con los ejercicios y no participa”*.

En las tablas siguientes se refleja este análisis. En la casilla de *nivel de dificultad/motivación* se muestran los datos relativos al tipo de comportamiento que se va a evaluar; así, por ejemplo, SD1.1, significaría que se valora el porcentaje de interés considerado como alto (1) en la variable soplo en el nivel de dificultad 1 (fácil), registrado en el alumnado.

Tabla 16 : *Interés del alumnado por los ejercicios valorado por las logopedas en la variable “soplo”.*

	Nivel de Dificultad/ Motivación	N	Porcentaje
SOPLO	SD1.1	15	73,33
	SD1.2	15	19,33
	SD1.3	15	7,33
	SD1.4	15	,00
	SD2.1	15	68
	SD2.2	15	24,66
	SD2.3	15	7,33
	SD2.4	15	,00
	SD3.1	15	61,33
	SD3.2	15	34
	SD3.3	15	4,66
	SD3.4	15	,00

Tabla 17: *Interés del alumnado por los ejercicios valorado por las logopedas en la variable “tono”.*

	Nivel de Dificultad/ Motivación	N	Porcentaje
TONO	TD1.1	15	67,33
	TD1.2	15	21,33
	TD1.3	15	11,33
	TD1.4	15	,000
	TD2.1	15	69,33
	TD2.2	15	23,33
	TD2.3	15	7,33
	TD2.4	15	0
	TD3.1	15	61,33
	TD3.2	15	34,66
	TD3.3	15	4
	TD3.4	15	,00

Tabla 18: *Interés del alumnado por los ejercicios valorado por las logopedas en la variable “ritmo de soplo”.*

	Nivel de Dificultad/ Motivación	N	Porcentaje
RITMO DE SOPLO	RSD1.1	15	68
	RSD1.2	15	19,33
	RSD1.3	15	12
	RSD1.4	15	0,66
	RSD2.1	15	73,33
	RSD2.2	15	16,66
	RSD2.3	15	10
	RSD2.4	15	,00
	RSD3.1	15	73,33
	RSD3.2	15	21,33
	RSD3.3	15	5,33
	RSD3.4	15	,00

Tabla 19: *Interés del alumnado por los ejercicios valorado por las logopedas en la variable “ritmo de tono”.*

	Nivel de Dificultad/ Motivación	N	Porcentaje
RITMO DE TONO	RTD1.1	15	74,66
	RTD1.2	15	11,33
	RTD1.3	15	13,33
	RTD1.4	15	0,66
	RTD2.1	15	72,66
	RTD2.2	15	18,66
	RTD2.3	15	8,66
	RTD2.4	15	,000
	RTD3.1	15	74,66
	RTD3.2	15	15,33
	RTD3.3	15	10
	RTD3.4	15	,00

Tabla 20: *Interés del alumnado por los ejercicios valorado por las logopedas en la variable “vocal A”.*

	Nivel de Dificultad/ Motivación	N	Porcentaje
VOCAL A	VAD1.1	15	78
	VAD1.2	15	15,33
	VAD1.3	15	6,66
	VAD1.4	15	,00
	VAD2.1	15	73,33
	VAD2.2	15	15,33
	VAD2.3	15	11,33
	VAD2.4	15	,00
	VAD3.1	15	67,33
	VAD3.2	15	14,66
	VAD3.3	15	18
	VAD3.4	15	,00

Tabla 21: *Interés del alumnado por los ejercicios valorado por las logopedas en la variable “vocal E”.*

	Nivel de Dificultad/ Motivación	N	Porcentaje
VOCAL E	VED1.1	15	59,33
	VED1.2	15	26,66
	VED1.3	15	13,33
	VED1.4	15	,00
	VED2.1	15	57,33
	VED2.2	15	25,33
	VED2.3	15	17,33
	VED2.4	15	,00
	VED3.1	15	54
	VED3.2	15	18,66
	VED3.3	15	27,33
	VED3.4	15	,00

Tabla 22: *Interés del alumnado por los ejercicios valorado por las logopedas en la variable “vocal I”.*

	Nivel de Dificultad/ Motivación	N	Porcentaje
VOCAL I	VID1.1	15	52
	VID1.2	15	26
	VID1.3	15	22
	VID1.4	15	,00
	VID2.1	15	50
	VID2.2	15	24
	VID2.3	15	24
	VID2.4	15	2
	VID3.1	15	44,66
	VID3.2	15	14
	VID3.3	15	36
	VID3.4	15	5,33

Tabla 23: *Interés del alumnado por los ejercicios valorado por las logopedas en la variable “Vocal O”.*

	Nivel de Dificultad/ Motivación	N	Porcentaje
VOCAL O	VOD1.1	15	78,66
	VOD1.2	15	12,66
	VOD1.3	15	8,66
	VOD1.4	15	,00
	VOD2.1	15	70
	VOD2.2	15	20,66
	VOD2.3	15	9,33
	VOD2.4	15	,00
	VOD3.1	15	66,66
	VOD3.2	15	19,33
	VOD3.3	15	14
	VOD3.4	15	,00

Tabla 24: *Interés del alumnado por los ejercicios valorado por las logopedas en la variable “vocal U”.*

	Nivel de Dificultad/ Motivación	N	Porcentaje
VOCAL U	VUD1.1	15	73,33
	VUD1.2	15	18
	VUD1.3	15	8,66
	VUD1.4	15	,00
	VUD2.1	15	67,33
	VUD2.2	15	23,33
	VUD2.3	15	9,33
	VUD2.4	15	,00
	VUD3.1	15	61,33
	VUD3.2	15	24,66
	VUD3.3	15	14
	VUD3.4	15	,00

En general se puede observar, que el interés era elevado en todos los casos, salvo cuando valoraban el comportamiento del alumnado en la variable *vocal I*. En este caso los porcentajes nos muestran un menor interés respecto a los otros ejercicios. Me parece interesante destacar que en el nivel de dificultad 3 (o sea, difícil) de esta misma variable, se obtienen los siguientes porcentajes: un 44,66 % era valorado con nivel de interés alto, un 14% con nivel medio, un **36% con un nivel bajo** y un 5 % sin ningún interés, como vemos casi se equiparan los porcentajes de nivel alto y de nivel bajo de interés, hecho este que no ocurre con el resto de las variables analizadas. Parece claro que esta variable resulta muy difícil de conseguir a los niños y niñas, y como consecuencia disminuye su nivel de interés, incluso viendo la evolución que iban teniendo en el ejercicio, las logopedas ya observaban que iba disminuyendo progresivamente su interés (todo esto lo analizaremos más detenidamente en el capítulo siguiente).

PRIMERAS CONCLUSIONES

Resulta evidente que en algunas variables suprasegmentales como soplo y tono no nos encontremos mejora significativa, ya que son variables de fácil aprendizaje y que en muchos casos los niños y niñas ya conocían e incluso también puede ser que tuvieran un nivel adecuado por lo que, en principio, no parece que necesitaran aprender. Es en el nivel 3 de estas dos variables donde encuentro que los niños y niñas de manera significativa estadísticamente mejoran su ejecución debido a que estos niveles varían en función de la velocidad con que uno sople o haga ruido, y en ambos casos el nivel 3 suponía una mayor rapidez, hecho este que provoca que los niños y niñas no lo dominen en un principio aunque posteriormente, como se ha visto en los datos obtenidos, consiguieran aprenderlo.

Si miramos los resultados obtenidos en el ritmo de soplo encontramos que los niños y niñas parecen aprender en el 2º y 3º nivel, mientras que no ocurre en el 1º, tampoco esto me sorprendió, ya que las logopedas me adelantaron que a su alumnado parecía costarle bastante menos los dos últimos niveles que el primero. Empecé a investigar por qué ocurría esto y encontré nuevamente que la diferencia estaba en la velocidad del soplo, aunque, en este caso, parecía que resultaba más fácil soplar a ritmo más rápido que lento ya que este último les obligaba a mantener el soplo durante más tiempo e indiscutiblemente esto les costaba más trabajo. Advertí que en el ritmo de tono (que mide la vibración de las cuerdas vocales) ocurría algo similar, aunque parece que los niños y niñas utilizan el aprendizaje anterior para mejorar. En su primer nivel, hay un pequeño punto de inflexión en el segundo momento de medición, creo que puede deberse al esfuerzo que tratan de hacer para adaptarse a esta dificultad,

mientras que en los dos niveles siguientes, les resulta claramente más fácil la emisión y por lo tanto aprenden más rápido.

Cualquier logopeda que enseñe a niños y niñas sordas es consciente de las dificultades que presenta esta comunidad infantil (y no infantil también, aunque nuestro estudio se reduce a esta población) con las vocales, especialmente con la /i/ y la /u/. Y es por esta razón por lo que comencé a investigar intentando hacer el camino del aprendizaje de las vocales más llevadero tanto a la población mencionada como a los logopedas que trabajan día a día, para conseguir una mayor inteligibilidad en su lengua oral. Esta dificultad se refleja claramente en mis datos, ya que la variable *vocal I* no resulta significativa en ningún momento del estudio, aunque las logopedas comentaban que percibían una ligera mejora, ésta no parece ser significativa estadísticamente mientras que en la variable *vocal U* solo parece ser significativa en el nivel de dificultad 2 (o sea dificultad normal). En mi reflexión me planteo que quizás sí lo hubieran conseguido con más práctica, aunque, por otro lado, analizando el interés que mostraban, este resulta claramente más bajo que en las demás vocales o sea que los niños y niñas son conscientes de su dificultad y ya de hecho comienzan con menos interés. Me planteo que quizás no se trata solo de un problema de práctica, sino de elaborar ejercicios específicos para este fonema en cuestión, que aborden el problema de la emisión de una manera más individualizada y que de alguna manera enmascaren el objetivo de mejorar la articulación, ya que parece que esto condiciona al alumnado sordo a comenzar con menos ganas. Esto tendrá que quedar para posteriores investigaciones.

Sin embargo, la ejecución mejora en todas las demás vocales de manera significativa, hecho éste que indica que los niños y niñas sordas optimizan su articulación de vocales y en consecuencia supongo que esto va a revertir en su inteligibilidad general posterior (Gil, 1991). En referencia a lo expuesto

anteriormente, las logopedas me adelantaron que resultaba evidente que el alumnado que había utilizado el programa se le iba entendiendo mejor su lenguaje y me animaban a continuar con la investigación.

DISCUSIÓN: “MARIUS: una herramienta que facilita el aprendizaje del lenguaje oral de los niños y niñas con discapacidad auditiva”

En este capítulo planteo las ideas, que ya se iban perfilando e intuyendo en la última parte del capítulo seis, además de introducir aspectos de la primera fase del estudio que ayudaron claramente a la segunda y definitiva fase.

PRIMERA VERSIÓN DEL SISTEMA MARIUS Y PROBLEMÁTICA SUSCITADA

Antes de iniciar las conclusiones finales de este trabajo, me parece indispensable comenzar explicando los problemas que se plantearon con la primera versión del sistema MARIUS, en la primera fase del estudio, y cómo abordé los cambios.

En la primera fase del estudio observamos (tanto las logopedas como yo) que los niños y niñas sordas iban abandonando la intervención paulatinamente debido a que no podían conseguir los objetivos por más que lo intentaran, no obstante manifestaban que no lo podían hacer mejor aunque el programa les parecía “muy bonito”. Sin embargo, las logopedas “percibían” mejoras que ellas calificaban de aceptables en el ejercicio en cuestión.

El programa presentaba los siguientes problemas:

En el ejercicio de soplo: Por mucha intensidad que el niño o niña le diera al soplo, el globo seguía subiendo con el mismo ritmo, no variaba, al aumentar la intensidad.

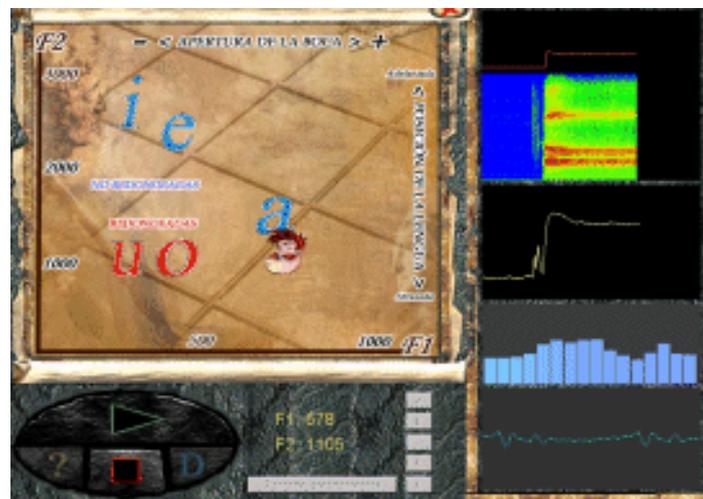
En cuanto al tono: Los niños y niñas no lo hacían con el tono adecuado, porque esperaban que el fantasma se moviera con mayor rapidez y lo que hacían es que forzaban el tono de voz, llegando a gritar, ya que asociaban el grito más alto a que el fantasma (ver pantalla del programa) se movía más rápidamente.

En el ritmo de soplo: Por muy bien que lo hicieran no llegaban a la puntuación de 100.

En el ritmo de tono: Ocurría lo mismo que en el ejercicio anterior.

En cuanto a las vocales: El problema mayor era que, por muy bien que realizaran la articulación de la vocal (percibida por la logopeda), el programa no la daba como buena, con la consiguiente frustración de los niños y niñas (hecho este fundamental que provocó la realización de una siguiente versión y en consecuencia la segunda fase del estudio). Otro punto importante era que el alumnado no llegaba a asociar que no solo debían pronunciar correctamente las vocales, sino que también, debían de tener en cuenta el tono y la continuidad en la emisión de éstas. Para ellos el que la burbuja llegara a la rana (ver pantalla del programa), únicamente se basaba en el esfuerzo que realizaban en cuanto a la intensidad de la emisión, consecuentemente para conseguir la emisión correcta sólo se ayudaban de acercar o alejar el micrófono, según fuera necesario.

Dados todos estos inconvenientes se propusieron los cambios que fueron posibles para la siguiente y última versión y realizamos la segunda fase del estudio. El cambio más significativo fue la incorporación de una pantalla que ayudara a los niños y niñas a llegar a su objetivo en cuanto a las vocales. Como ya se adelanta en el capítulo anterior, esta pantalla es la de “visualización de formantes”. El proceso que se utiliza para mejorar la producción del alumnado es la personalización de los formantes y se detalla a continuación.



Para la personalización de los formantes es necesario que al alumnado al que se le van a personalizar los formantes esté registrando su puntuación. Cuando se considere que un niño o niña está pronunciando una vocal de forma correcta, se pulsa el botón correspondiente a esa vocal. Aparecerá un mensaje de confirmación y los formantes correspondientes a la emisión de esa

vocal quedarán guardados. Este proceso debe hacerse con todas las vocales.

Los formantes personalizados son los que se utilizarán en la siguiente lección, la de vocales aisladas. En el caso de esta lección, si los formantes no se han personalizado, aunque se esté pronunciando una vocal correctamente, el sistema no funciona de la manera deseada, ya que seguirá comparando con la vocal predeterminada (o sea, la normativa)

Por último, es posible volver a los valores de los formantes predeterminados por defecto (formantes de la base de datos de niños o niñas oyentes que constituyen la norma) pulsando el botón correspondiente.

Las posibilidades de aprendizaje de esta lección se pueden realizar en tres tipos de entrenamiento:

- Entrenamiento de vocales aisladas. Mediante el cual el alumnado va a desarrollar la habilidad de pronunciar todas las vocales de forma aislada. Una buena pronunciación incluye fonación correcta y constante, buena frecuencia fundamental y la articulación correcta. El o la aprendiz debe pronunciar la vocal deseada tal y como se le indica y sostenerla durante un intervalo de tiempo.

- Entrenamiento discriminante de vocales. En él se desarrollará la habilidad de distinguir entre dos o más vocales y pronunciar la secuencia deseada de vocales. Como antes una buena pronunciación incluye una fonación correcta y constante, buena frecuencia fundamental y la correcta articulación. Es esta la

habilidad que debe adquirir el o la aprendiz para superar el resto de los ejercicios de vocales.

● Entrenamiento de diptongos. Mediante este entrenamiento se desarrollará la habilidad para pronunciar diptongos como una secuencia especial de dos vocales donde la transición juega un papel muy importante. Un diptongo consiste fundamentalmente en dos vocales con una transición entre ellas. La transición es tan importante como las dos vocales. En principio es posible realizar el movimiento lentamente de forma que el hablante primero articula la vocal inicial y va despacio hasta la segunda. También es posible entrenar la habilidad de pronunciar diptongos a velocidad normal.

Además, esta pantalla se acompaña de una serie de consejos para mejorar la articulación (son los mismos que se utilizan en las pantallas para las vocales). Estos son los siguientes:

- *“Si tienes problemas para pronunciar la vocal **A**, sigue estas instrucciones:*
 1. *Para el 1^{er} formante (F1): Abrir la boca lo más posible.*
 2. *Para el 2^o formante (F2): Poner el punto de articulación en la parte central de la boca. Para ello la lengua permanece plana en el suelo de la boca, con la punta detrás de los incisivos, no toca el paladar, ni los molares superiores en ninguna parte.*

- *Si tienes problemas para pronunciar la vocal **E**, sigue estas instrucciones:*

1. *Para el 1^{er} formante (F1): Abrir la boca unos cuatros milímetros. La contracción muscular voluntaria para su emisión es media.*
 2. *Para el 2^o formante (F2): La lengua permanece plana en el suelo de la boca tocando con cierta fuerza la parte baja de la parte inferior de la boca.*
- *Si tienes problemas para pronunciar la vocal **I**, sigue estas instrucciones:*
 1. *Para el 1^{er} formante (F1): Tienes que abrir la boca unos dos milímetros. La contracción muscular voluntaria para su emisión es media.*
 2. *Para el 2^o formante (F2): Los dientes superiores e inferiores están muy próximos sin llegar a tocarse, los incisivos inferiores algo atrás de los superiores, en distinto plano vertical. La punta de la lengua se apoya con cierta fuerza en la cara posterior de los incisivos inferiores; la lengua se arquea fuertemente tocando el paladar, ó sea, ambos lados, dejando en el centro un canal relativamente estrecho por donde sale el aire espirado sonoro.*
 - *Si tienes problemas para pronunciar la vocal **O**, sigue estas instrucciones:*
 1. *Para el 1^{er} formante (F1): Abrir la boca unos seis milímetros. La contracción muscular voluntaria para su emisión es media. Los labios avanzan hacia fuera en forma tubular y ovalada.*

2. *Para el 2º formante (F2): Recoger la lengua hacia el fondo de la boca elevándose por la parte posterior contra el velo del paladar. La punta desciende hasta tocar los alvéolos de los dientes inferiores y no es visible.*
- *Si tienes problemas para pronunciar la vocal U, sigue estas instrucciones:*
 1. *Para el 1^{er} formante (F1): Abrir la boca unos cuatro milímetros. La contracción muscular voluntaria para su emisión es media.*
 2. *Para el 2º formante (F2): Recoger la lengua hacia el fondo de la boca, poniendo la parte posterior contra el velo del paladar. La punta de la lengua debe colocarse al nivel de los alvéolos dentales inferiores y sólo los roza suavemente.”*

Esta nueva pantalla solucionó todos los problemas relacionados con las vocales, a la vez que le daba al sistema un enfoque terapéutico muy interesante para cualquier logopeda. De hecho, esta solución dio un giro decisivo a la investigación.

¿COMO AYUDA EL SISTEMA MARIUS (EN SU VERSIÓN FINAL) A LOS NIÑOS Y NIÑAS SORDAS EN CUANTO A LOS PARÁMETROS SUPRASEGMENTALES DEL HABLA?

En el capítulo seis ya hice referencia a los resultados que obtuve con el análisis de los datos obtenidos, no obstante voy a recordarlo y a especificar más.

Parece obvio que después de observar las tablas de porcentajes del interés del alumnado que valoraron las logopedas, dicho interés resulta altamente satisfactorio, ya que estas puntuaciones están por encima del 60% de interés alto en todos los casos. Este hecho ya de entrada, me adelantó que los niños y niñas se divertían a la vez que estaban aprendiendo. Este segundo hecho (el de aprender) me llevó a ver las puntuaciones que obtuvieron en los ejercicios de estos parámetros.

Seguidamente voy a pasar a explicar la posible mejora que experimentan los niños y niñas sordas en cuanto a los parámetros suprasegmentales del habla que trata este *software*, que son soplo, tono (o sea, vibración de las cuerdas vocales), ritmo de soplo y ritmo de tono (estas últimas para conseguir control sobre el soplo y el tono de los y las participantes).

En la variable soplo las puntuaciones me indicaban que los niños y niñas aprenden el soplo en el nivel de dificultad 3 (dificultad alta) mientras que no resulta significativo en los niveles anteriores. La diferencia entre niveles de dificultad va a depender de la velocidad del soplo, a más dificultad más rapidez, con lo cual parece obvio que a los participantes les parecía más fácil

cuanto más rápido hicieran el ejercicio, por lo que en cada ensayo lo hacían mejor. Quizá esto se podría presentar como una propuesta de mejora, el hecho que el nivel de dificultad se invirtiera, es decir, a más dificultad más lentitud (sería un verdadero nivel alto).

Con respecto a los datos que he obtenido, ocurre lo mismo que en la variable anterior, sólo se aprecia mejora estadística en el nivel de dificultad 3 y por las mismas razones antes expuestas (o sea, a más velocidad mayor dificultad).

Observando los resultados obtenidos en el ritmo de soplo encontramos que los niños y niñas parecen aprender en el 2º y 3º nivel, mientras que no ocurre en el 1º. Como ya se adelantaba en el capítulo anterior, esto no me sorprendió pues el alumnado parecía costarle bastante menos los dos últimos niveles que el primero. Investigando encontré nuevamente que la diferencia estaba en la velocidad con que se realizaba el soplo, ya que parecía que resultaba más fácil soplar a ritmo más rápido que lento, ya que este último les obligaba a mantener el soplo durante más tiempo e indiscutiblemente esto les costaba más esfuerzo.

Advertí que en el ritmo de tono (que mide la vibración de las cuerdas vocales) ocurría algo similar que en el ritmo de soplo, aunque parece que los niños y niñas utilizan el aprendizaje anterior para mejorar. En su primer nivel, hay un pequeño punto de inflexión en el segundo momento de medición, creo que puede deberse al esfuerzo que tratan de hacer para adaptarse a esta dificultad, mientras que en los dos niveles siguientes, les resulta claramente más fácil la emisión y por lo tanto aprenden más rápido.

Para las personas con sorderas profundas (mayoritaria en este estudio, ya que de quince participantes, trece presentan sordera profunda y solo dos sordera severa) cobra especial importancia en la percepción del lenguaje las vías visuales, ya que no pueden percibir los elementos suprasegmentales del habla, con lo cual esta programa ayuda en este objetivo. En el caso de las sorderas severas, según el BIAP (*Bureau Internationale de Audiologie et Phonologie*) pueden percibir los elementos suprasegmentales del habla, pero deben completar los elementos que discriminan auditivamente con la lectura labiofacial, todo ello es posible con la ayuda del audífono y del entrenamiento auditivo, por supuesto. En el caso de las dos personas con sordera severa que están incluidas en nuestro estudio, ninguna tiene ayuda, o sea, audífono, y por eso se incluyeron en la intervención.

El hecho de que exista mejora en el aprendizaje de estas variables les va a ofrecer a los niños y niñas la posibilidad de conocer mejor su voz, ya que intentando conseguir los objetivos de los ejercicios están manipulando su propia emisión (mediante la realimentación visual que va proporcionando el sistema) con la intención de conseguir un propósito y esto es realmente lo que les ayudará a conocer mejor las posibilidades de su habla. A la vez, les servirá de aprendizaje previo de cómo actúa el *software* y por lo tanto les va a dar la posibilidad de ir generando estrategias para actuar y mejorar en los próximos ejercicios (los vocálicos) que son los que realmente les van a resultar complejos (recuérdese que cuando seleccionamos a la población uno de los requisitos más importantes es que no articularan correctamente las vocales).

El lenguaje humano contiene un alto valor comunicativo en parámetros suprasegmentales del habla (tono, ritmo, intensidad...)

y por lo tanto la completa comunicación supone tener acceso a todos estos parámetros. Esto resulta prácticamente imposible en el caso de la persona con discapacidad auditiva que no ha estado expuesta a la riqueza del mundo sonoro de su entorno y de su lengua materna (Casanova, 2001). Por esta razón, la adquisición de estos parámetros ayudará a que aumente la inteligibilidad de su habla.

¿...Y EN LAS VOCALES?

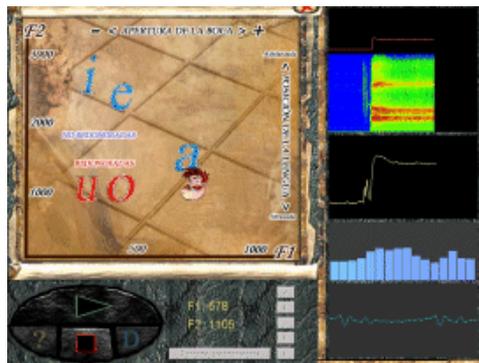
Analizaré todas las vocales, pero antes me parece interesante recordar algunos conceptos teóricos para poder entender mejor este análisis.

Desde el punto de vista fonológico, las vocales del castellano se oponen a las consonantes por su capacidad de constituirse en núcleo silábico. Como ya dije en el capítulo tres de esta tesis, cada vocal puede caracterizarse con tres parámetros articulatorios:

Vocales			
Símbolo	Lugar de articulación	Apertura de la boca	Acción de los labios
i	Anterior	Cerrada	No redondeada
e	Anterior	Media	No redondeada
a	Central	Abierta	No redondeada
o	Posterior	Media	Redondeada
u	Posterior	Cerrada	Redondeada

Como ya se detallaba en el capítulo anterior, el alumnado presente en este estudio pasaba por un preentrenamiento con la pantalla de “visualización de formantes” donde se podían personalizar los formantes registrando la mejor producción de los y las participantes al criterio auditivo de las logopedas, hecho este fundamental en el posterior tratamiento, con los formantes de la población normativa. Ya que les daba la posibilidad de saber que iban en la buena línea de articulación y les animaba a seguir.

Para continuar en esta línea de ayuda, la pantalla de las vocales lleva en la parte inferior, una pequeña ventanita (mirar la pantalla de vocales aisladas que se reproduce más abajo) donde aparece reproducida la pantalla de visualización de formantes pero ya con el registro de los formantes de la población normativa (lo que he llamado en el capítulo anterior vocales predeterminadas). Esto resulta de gran ayuda para seguir en el entrenamiento pues les permite saber si lo van haciendo bien o se van desviando del objetivo.



Visualización de Formantes



Vocales Aisladas

Comenzaré mi análisis por la variable *vocal A*, la vocal /a/ en castellano según la apertura de la boca resulta abierta, en cuanto a la posición de la lengua es central y además se puede considerar no redondeada. Como ya comenté en el capítulo anterior no había significación estadística en el nivel 1 mientras que sí lo hay en el 2 y 3. En un principio me sorprendió mucho que esto ocurriera, aunque posteriormente me di cuenta al observar los registros y las anotaciones que iban haciendo las logopedas que esta vocal parecía ser referencia a la hora de articular las demás. Pensé que esto ocurría por ser la primera que se ejercitó, así pues, en su nivel 1 parecían hacerla lo bastante correcta, según el sistema. Pero cuando pasaban a los siguientes niveles ya no parecían tener el nivel de perfeccionamiento que exigía el programa, con lo cual debían practicar hasta que conseguían hacerla tan perfecta como era requerido.

Comprobé cómo los niños y niñas intentaban mover sus órganos articulatorios buscando la manera de modificar su emisión y de modo palpable pude ver (también me lo comunicaron las logopedas en sus observaciones) cómo de esta forma se

retroalimentaban a través de las indicaciones que veían en la parte inferior de la pantalla, donde aparece la pequeña “visualización de formantes” (antes descrita).

El comprobar que esto ocurría me resultó relevante, ya que esta era la intención que se tuvo al diseñar las pantallas, que los niños y niñas sordas obtuvieran de ellas la retroalimentación necesaria para ayudarles a modificar su articulación, y a las logopedas les diera información de cómo se estaba llevando a cabo dicha emisión. Esto último, se expresaba con los indicadores técnicos de voz que aparecen en la parte derecha de la pantalla, donde se observa el visualizador de tono, el espectrograma, la energía registrada, la energía por bandas y el tiempo instantáneo; lo cual ayudaba a las logopedas a mostrar acciones concretas a su alumnado para mejorar. Con todo esto se cumplían varios de los objetivos que se tomaron en cuenta a la hora de fabricar un programa eficaz: por un lado, la retroalimentación visual de los parámetros y por otro el entrenamiento global, así como la presentación y análisis de los errores de pronunciación que se están cometiendo en tiempo real para poder modificarlos.

El hecho de que la emisión de las vocales /e/ y /o/ resultaran significativas estadísticamente en todos sus niveles no fue una sorpresa, ya que las logopedas veían como su alumnado mejoraba día a día. Dichas vocales en el castellano resultan: ambas son medias en cuanto al modo de articulación (Quilis y Fernández, 1992), pero mientras que la vocal /e/ es anterior o palatal según el lugar de articulación, la /o/ resulta posterior o velar, por otro lado mientras la /e/ es no redondeada, la /o/ es claramente redondeada. El ser características acústicas muy diferentes ayudaba sobremanera a su instrucción y diferenciación, a la vez que a su posterior identificación y reconocimiento..

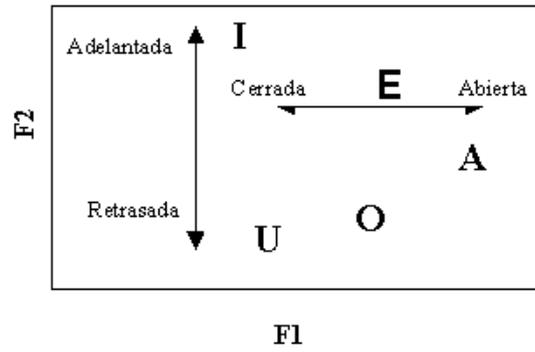
Esto no ocurría con las siguientes vocales, que eran confundidas continuamente por los niños y niñas y de las que resultaba más difícil diferenciar e instruir. Concretamente hablamos de las vocales /i/ y /u/. Estas vocales en el castellano implican: ambas son cerradas en cuanto a la apertura de la boca (o bajas según el modo de articulación) pero mientras que la vocal /i/ es anterior o palatal según el lugar de articulación y se confunde claramente con la /e/, la /u/ resulta posterior o velar y se confunde con la /o/, por otro lado, mientras la /i/ es no redondeada, la /u/ es redondeada y como ya decíamos se confunde visiblemente con la /o/. Es evidente que estos problemas no se resolvieron en el diseño del sistema y que como ya comenté en el capítulo seis, quizás la mejor manera de solucionarlo (si fuera posible técnicamente) sería elaborando ejercicios específicos para estos dos fonemas en cuestión que aborden el problema de la emisión de una manera más individualizada. Se podría proponer ejercicios en el que las pantallas fueran diferentes y plantearan pruebas donde se trataran las pequeñas diferencias de pronunciación con los fonemas confundidos. En este caso las posibilidades de aprendizaje se acrecentarían.

POSIBILIDADES DE APRENDIZAJE DEL SISTEMA

Las posibilidades de aprender que ofrece el sistema resultan especialmente significativas en las vocales. Ya, en el primer apartado de este capítulo, se hacía mención de cómo el sistema podía dar una imagen visual de la articulación de cada una de las mismas en la pantalla de “visualización de formantes”. Esta pantalla presenta la posibilidad de hacer un análisis de cada vocal pronunciada por cualquier persona, teniendo la posibilidad de

comparar la articulación ejecutada con población normativa y también con la propia pronunciación de la persona en sucesivas emisiones. Este hecho hace del *software*, un instrumento de diagnóstico de potencial interés, pues no sólo puede dar un juicio de la posición que están adoptando los órganos de articulación en el momento de la emisión sino que también da una idea de cómo mejorarla, con lo cual también tendría una función innegable de intervención logopédica. La manera que tiene el sistema de ayudar a los niños y niñas se plantea seguidamente.

Según López- Bascuas (1999), la posición relativa de los formantes es la clave acústica más importante para la identificación de las vocales de los distintos sistemas fonológicos. Si especificamos los dos primeros formantes (o sea, F1 Y F2) estaremos etiquetando de manera eficaz los sonidos vocálicos. Así pues, la posición F1 se relaciona con el modo de articulación de la vocal (alto, medio o bajo) o también con la apertura de la boca. F1 adopta un valor mayor para las vocales bajas, menor para las medias y menor aún para las altas. Por otra parte, F2 está más relacionado con el lugar de articulación (anterior, central o posterior) de la vocal o como también como le hemos llamado en el capítulo tercero, posición de la lengua (adelantada o retrasada). F2 alcanza un valor mayor para las anteriores (más adelantadas) menor para las centrales (adelantadas pero menos que las anteriores) y menor aún para las posteriores (retrasadas).



En el sistema se hizo un primer acercamiento para ayudar a niños y niñas:



Y quedó finalmente así:



Conviene insistir en que la clave relevante para la identificación de las vocales es la posición relativa de los formantes y no sus valores absolutos, ya que estos valores absolutos de los formantes no están ligados unívocamente a las distintas categorías fonológicas. Los valores concretos de los formantes dependen del hablante, pues distintos hablantes poseen tractos vocales diferentes. Además no existe una fórmula sencilla que permita normalizar los valores de las frecuencias de los formantes. Por eso, las personas deben de utilizar como clave perceptiva algún tipo de relación entre el F1 y F2 y no sus valores concretos. Hay algunos modelos teóricos que tratan de explicar, precisamente, cómo las personas utilizan la información acústica que les proporciona la señal para poder identificar la vocal que esté siendo producida, como el que desarrollaron Rosner y Pickering en la década de los 90.

Como se ha podido ver, las posibilidades de aprendizaje con respecto a las vocales son variadas y aportan gran ayuda tanto para cualquier persona con dificultades del habla como para los y las logopedas en su trabajo diario. Pero lo que realmente sería muy interesante es que se pudiera seguir en esta línea con las consonantes, que presentan problemas técnicos, no sólo en cuanto a su análisis sino en como podemos mostrar visualmente la información que se genera de dicho análisis acústico.

La distinción entre vocal/consonantes resulta un tanto borrosa utilizando criterios puramente acústicos (en realidad es una distinción que se expresa adecuadamente en términos lingüísticos) Las consonantes se diferencia de las vocales en las fuentes de sonido utilizadas (en las vocales la fuente sonora es una función periódica como ya se dijo en el capítulo tres; mientras que las consonantes las funciones que se pueden generar son tanto periódicas como aperiódicas). Por otra parte, el tracto vocal se “deforma” en mayor medida al articular los fonemas consonánticos y por lo tanto, se producen constricciones mayores que dificultan el paso del aire a través del tracto vocal. El resultado de esta situación es que la energía sonora emitida en la producción de consonantes suele ser significativamente menor que la emitida durante la producción de vocales (así pues resulta mucho más difícil representarla visualmente).

Si se pudieran resolver estos problemas, las posibilidades de aprender de muchos niños y niñas (ya no solo sordos y sordas) el lenguaje oral serían importantísimas e incluso innovaría a la vez que simplificaría mucho la labor de los y las logopedas.

¿.... Y RESPECTO A LA COMUNICACIÓN?

Ellis y Young (1992) proponían la hipótesis de que el oyente identifica primero los fonemas constituyentes de la palabra y posteriormente la palabra a partir de sus fonemas. Esto supondría, por parte del oyente, además de una capacidad auditiva y de análisis adecuada, el conocimiento de los fonemas que forman parte de su lengua materna, almacenados en su léxico fonológico. Esto lo realiza la persona oyente mediante la inmersión en el mundo sonoro que le rodea. Además, es curioso cómo los bebés van focalizando su percepción en aquellos contenidos sonoros propios de la lengua materna, perdiendo capacidad, con el paso del tiempo, para reconocer otros sonidos. Esto quiere decir, entre otras cosas, que la capacidad de discriminación auditiva de un bebé es superior, en mucho, a la de un niño o niña de 4 años y que por lo tanto, las capacidades de discriminación y análisis del oído no son capacidades estáticas, sino que van sufriendo variaciones importantes en la relación del ser humano con el mundo sonoro a lo largo del tiempo (Casanova, 2001).

Lo que acabamos de plantear en el párrafo anterior resulta completamente distinto en los seres humanos con discapacidad auditiva que se ven privados de esta inmersión temprana y como consecuencia se encuentran con posteriores problemas comunicativos importantes, sobre todo en la primera etapa de su vida. La manera en que se intenta paliar “algo” estos problemas significativos es mediante las actuales prótesis auditivas y los implantes cocleares, que permiten restituir frecuencias situadas más allá del ámbito estricto del lenguaje hablado. El habla se sitúa en un ámbito frecuencial comprendido entre 125-3000Hz, como

ya dijimos en el capítulo tres. Asegurar una mínima integridad de esta zona frecuencial hace que exista una cierta inteligibilidad del habla, pues es en esta zona donde se encuentran las frecuencias fundamentales de la voz hablada y de los formantes propios de las vocales y consonantes sonoras. Pero no siempre se utilizan estas medidas en el momento adecuado, en la mayoría de los casos se detectan tarde y cuando se detectan no se ponen soluciones inmediatas, con lo cual además de la pérdida de un tiempo que es precioso en el caso de esta discapacidad, las soluciones son menos que adecuadas. Es en estos casos donde lo único que puede ayudar a estas personas es una buena intervención logopédica y es aquí donde se concentran nuestros esfuerzos (aunque la intervención logopédica sea importante en todos los casos, se hace indispensable en estos últimos). También pienso que el sistema MARIUS podría ayudar mucho en los primeros momentos de intervención logopédica en implantes cocleares (y quizás esta sería una línea de investigación a seguir ya que parece el futuro de las personas sordas).

El tema que aborda mi tesis, constituye un proyecto que supone un reto que la tecnología lleva planteándose desde hace tiempo. En ella solo inicio una labor en la que queda mucho que hacer, ya que abordo algunos de los parámetros suprasegmentales y los fonemas vocálicos que constituirían la punta de iceberg, quedarían los fonemas consonánticos que suponen un reto aún mayor que las vocales (como ya se comentaba en el apartado anterior), sobre todo algunos como por ejemplo, las llamadas oclusivas. También estarían el reconocimiento de frases y, como no, los textos.

Pienso que los logros conseguidos con este sistema, y que de alguna manera hacen que la comunicación de estas personas

mejore al mejorar la inteligibilidad de su habla, abre la puerta a nuevos trabajos que afronten estos otros retos mencionados. Considero que los problemas tecnológicos que tuve se podrán ir superando gracias a los avances en el área de la informática y el reconocimiento y análisis de voz.

.....Y LA INTERFAZ ¿PARECE ADECUADA?

En el capítulo cuatro planteé que con el fin de mantener la atención de estos niños y niñas, tarea que parecía fundamental si se quería que el proceso de aprendizaje fuese el adecuado, la interfaz del sistema debía ser especialmente cuidada para resultar lo más atrayente posible. Así pues los ejercicios se diseñaron con un formato de juego y con una presentación muy atractiva. Además, estaban enlazados por un hilo argumental, el cuento del príncipe Marius (cuyo argumento principal se encuentra en *El portal del reino de fuego*, que se sitúa en la pantalla de inicio), que podían ir conociendo, más a fondo, a medida que progresaban en las lecciones. De esta forma el ejercicio se puede repetir las veces necesarias para alcanzar los objetivos marcados en cada lección.

Las logopedas me transmitieron algunas opiniones a tener en cuenta para futuras versiones (en el caso que las hubiera). Me decían que el cuento del príncipe Marius resultaba claramente androcéntrico ya que el héroe era un hombre y en ningún momento aparecía una heroína que se pudiera comparar, por lo tanto las niñas no tenían más remedio que identificarse en el programa con el héroe. Considero acertada esta crítica, aunque el equipo de diseñadores gráficos, en el inicio, apostó por un cuento clásico donde el héroe siempre suele ser un hombre, aunque también es verdad que ellos no se plantearon que esto pudiera

ocurrir. Por otro lado, el diseño de estas interfaces resulta muy costoso y una vez que se han realizado es difícil de modificar.

Otra de las conclusiones a tener en cuenta es la edad de los y las participantes. Algunos y algunas en la primera fase de estudio, eran menores de tres años, sin embargo fue imposible siquiera empezar a intervenir con ellos ya que se negaban a cooperar y si se les forzaba a trabajar, acababan llorando y el programa no les interesaba en absoluto. Teniendo en cuenta esta experiencia, en la segunda fase del estudio no seleccionamos participantes tan pequeños, comenzamos a partir de 4 años de edad. Creo que este problema se debe claramente a la interfaz, ya que parece que tanto la temática como el diseño gráfico no les resultaban interesantes. Por lo tanto, en el caso que se quisiera intervenir con participantes tan pequeños (como por ejemplo, si el sistema se utilizara para la desmutización de niños y niñas con edades inferiores a 3 años) se tendría que diseñar un sistema acorde con sus preferencias tanto en temática como en diseños y que por lo tanto les resultaran más atractivos.

¿PODRÍA UTILIZARSE EL SISTEMA CON OTRAS PERSONAS?

Aunque este sistema se ha diseñado para personas con discapacidad auditiva, los elementos que contienen pueden servir igualmente para otro tipo de discapacidad. De hecho, la investigación realizada para este sistema ha servido de base para realizar programas para personas con parálisis cerebral. De todos es conocido los problemas que presentan esta población con el lenguaje oral y también el enorme beneficio que para ellos y ellas son los sistemas informáticos.

El sistema MARIUS tiene todos los ingredientes necesarios para poder retroalimentar a cualquier persona que tenga una patología de voz que no le permita articular los fonemas del habla. El

tratamiento de sus interfaces hace posible que cualquier niño o niña pueda acceder a él. También permite realizar análisis acústicos que pueden ayudar a los profesionales y las profesionales a evaluar los posibles problemas de sus pacientes.

Las posibilidades de aprendizaje que plantea este sistema son muy interesantes, ya que la pantalla de “visualización de formantes” puede hacer posible un análisis (ya no sólo acústico) sino también visual de los posibles problemas de articulación que muestre cualquier persona independientemente de la patología que presente.

TERCERA PARTE: CONCLUSIONES

CONCLUSIONES

Así pues, podría resumir mis conclusiones en:

1. En las variables suprasegmentales valoradas (soplo, tono, ritmo de soplo y ritmo de tono) los niños y niñas parecen aprender más en los niveles más difíciles que en los más fáciles, debido fundamentalmente a que estos niveles varían en función de la velocidad con que uno sople o haga ruido y los niveles mencionados son claramente más veloces, por lo tanto, resultan más fáciles de ejecutar y también requieren menos esfuerzo.
2. Las variables *vocal i* y *vocal u* parecen no mejorar lo suficiente en la articulaciones de los participantes como para resultar estadísticamente significativas. Hecho este que constata la dificultad real que estos niños y niñas tienen a la hora de articular dichas vocales en la logopedia tradicional.
3. Las demás vocales parecen mejorar de manera estadísticamente significativas. Por lo tanto, entiendo que mejoran su articulación y en consecuencia en la inteligibilidad de su lenguaje oral general (Gil, 1991).
4. El interés de los niños y niñas por los ejercicios es claramente relevante en todas las variables exceptuando un ligero descenso en la variable *vocal i*. Lo que se traduce en que realmente les ha gustado este tipo de tratamiento de la interfaz

(aunque esta podría mejorarse introduciendo nuevas historias).

5. El sistema incluye análisis espectrográficos que ayudan a los profesionales y las profesionales en la evaluación de las voces de su alumnado. Incluyendo también el posible control del tono tan difícil de tratar en determinadas discapacidades.
6. La pantalla de “visualización de formantes” resulta fácil de manejar y fue el contrapunto idóneo a los problemas que se plantearon en el primer estudio. Las posibilidades de aprendizaje con esta pantalla son muy diversas y se pueden usar para ayudar a cualquier persona que manifieste problemas de articulación independientemente de la patología que presente.
7. Se plantea la importancia de seguir la línea de investigación pero ya sobre las consonantes, hecho que sería innovador en la intervención logopédica.
8. Se plantea la posibilidad de mejorar la interfaz para niños y niñas menores de tres años con la idea de usarla en la desmutización de estos y estas.
9. El sistema permite ayudar a otras personas que tengan dificultades con la articulación. De hecho, las personas con parálisis cerebral ya lo están utilizando.

RECAPITULANDO

Parece claro que queda mucho trabajo por hacer para conseguir sistemas que reconozcan voces como lo hace el oído humano, que

es capaz de reconocer todos los matices del habla humana e interpretarlos. También parece claro que la realización de sistemas expertos que eliminen a los y las profesionales que se dedican a la logopedia parece imposible y de alguna manera esta tesis es una prueba de ello, ya que en todo momento la percepción que tenían las logopedas de las emisiones de sus alumnos y alumnas era indispensable para la futura articulación de su alumnado. No obstante, esto no quiere decir, que estos sistemas no ayuden al trabajo de estos profesionales ya que aportan retroalimentación visible de lo que se percibe con el habla y de alguna manera ayuda a que los niños y niñas vean más palpablemente las acciones a realizar para cambiar sus emisiones.

Por lo tanto, aunque queda mucho por hacer, los resultados obtenidos han sido satisfactorios para el propósito que nos planteábamos, que era la ayuda tanto a los niños y niñas con discapacidad auditiva para mejorar su lenguaje oral, como para que los y las logopedas tuvieran un instrumento que les apoyara en sus intervenciones.

BIBLIOGRAFÍA

- Alba, C. (1994). Utilización didáctica de recursos tecnológicos como respuestas a la diversidad. En J. M. Sancho (Comp) *Para una tecnología educativa*. Barcelona: Horsori.
- Acosta, V.; Moreno, A.; Ramos, V. Quintana, A. y Espino, O. (1996). *La evaluación del lenguaje*. Granada: Aljibe.
- Acosta, V, y Santana, A.M. (1999). *Dificultad del lenguaje en ambientes educativos. Del retraso al trastorno específico*. Madrid: Masson.
- Alcantud, F. Y Lobato, M. (eds) (2001). *2001: Odisea de la comunicación*. Logroño: SECAA (Sociedad Española de Comunicación Aumentativa y Alternativa). ISAAC España.
- Alcantud, F. y Soto, F.J. (2003). *Tecnologías de Ayuda en personas con trastornos de comunicación*. Valencia: Nau llibres.
- Almirall, R. (1991). La observación de la audición y el habla en niños con deficiencia auditivas. *Revista de Logopedia, Foniatría y Audiología*, XI (1), 28-38.
- Almirall, R (1993). Reflexiones acerca de la adquisición de la competencia lingüística por los niños sordos. *Revista de Logopedia, Foniatría y Audiología*, XIII (6), 149-156.
- Almirall, R., Ardamy, M. et al (1998). *Experiencias bilingües en la educación del niño sordo*. Barcelona: ASPANSCE (Associació de pares de nens sords de Catalunya).
- Anguera, M.T., Arnau, J., Ato, M., Martínez, R., Pascual, J. y Vallejo, G. (Eds) (1995). *Métodos de Investigación en Psicología*. Madrid: Síntesis-Psicología.

- Arnau, J. (1995). *Diseños longitudinales aplicados a las ciencias sociales y del comportamiento*. México: Limusa.
- Bahr, C. y Rieth, h. (1989). The effect of instructional computer games and drill and practice software on learning disabled students. *Computers in the schools*, 6(3/4), 48-101.
- Balluerka, N. y Vergara, A.I. (2002). *Diseños de investigación experimental en psicología*. Madrid: Prentice Hall.
- Barlet, X. (1991). Una ayuda para el niño sordo. *FIAPAS*, 18, 24-26
- Becerro, L y Pérez, M.C. (1983). *Educación del niño sordo en integración escolar*. Madrid: UNED.
- Beynon, J. y Mackay, H. (1993). *Computers into classrooms. More Questions Than Answers*. London: The Falmer Press.
- Bishop, D (1983). Comprehension of English syntax by profoundly deaf children. *The Journal of child psychology and psychiatr*, 24, 415-434.
- Bishop, D. and Mogford K. (1993). *Language development in exceptional circumstances*. Hillsdale: Lawrence Earbaum Associates.
- Bodner-Johnson, B. (1991). Family conversation style: Its effect on the deaf child,s participation. *Exceptional Children* 57: 502-509.
- Borregón, D. (1994). Sistema Visha y tratamiento logopédico. Experiencias de uso. En *Nuevas tecnologías aplicadas a la discapacidad. Proyectos y experiencias*. Madrid: INSERSO. Ministerio de Asuntos Sociales.

- Buendía, L.; Colás, P. y Hernández, F. (1997). *Métodos de investigación en Psicopedagogía*. Madrid: Mac Graw Hill.
- Bustos, I. Coord. (2001). *La percepción auditiva*. Madrid :ICCE.
- Campisi, P.; Low, A.; Papsin, B.; Mond, R.; Cohen-Keren, R. y Harrison, R. (2005). Acoustic analysis of the voice in pediatric cochlear implant recipients: a longitudinal study. *Laryngoscope*; 115 (6);1046-1050.
- Cecilia, A. (2000). *Leer en los labios. Manual práctico para entrenamiento de la comprensión labiolectora*. Madrid: CEPE.
- Colins, M., Carnina, D. y Gersten, R. (1987). Elaborated corrective feedback and the acquisition of reasoning skills: a study of computer-assisted instruction. *Exceptional Children*, 54(3), 254-262.
- Conrad, K. (1979). *The deaf school child: Language and cognitive function*. Londres: Harper and Row.
- De Filippo, C. y Sims D. eds. (1988). New reflections on speechreading. *Volta Review* 90 (5).
- Delval, J. (1986). *Niños y máquinas*. Madrid: Alianza.
- Dillon, A. y Gabbard, R. (1998). Hypermedia as an educational technology: a review of the quantative research literature on leaner comprehension, control and style. *Review of Educational Research*, 68 (3), 322-349.
- Doménech, J.Ll., Blasco, F y Cantó, V (eds) (1997). *Jornadas interdisciplinarias de educación especial*. Madrid: Marfil.

Bibliografía

- Domingo, J. y Peñafiel, F. (1998). *Desarrollo curricular y organizativo en la escolarización del niño sordo*. Granada: Aljibe.
- Dumont, A. (1989). *El logopeda y el niño sordo*. Madrid: Masson.
- Ellis, A. W. y Young, A.W. (1992). *Neuropsicología cognitiva humana*. Madrid: Masson.
- Fernández Viader, M.P. y Pertusa, E. (1996). Reflexiones sobre la escritura y la alfabetización de los niños sordos. *Revista Logopedia, Foniatría y Audiología*, XVI, (2), 79-85.
- Fernández Viader, M.P. (1996). *La comunicación de los niños sordos. Interacción comunicativa padres-hijos*. Confederación Nacional de Sordos y Fundación ONCE, Barcelona.
- Fernández Viader, M.P (1996). Interés de la educación bilingüe para los niños sordos. *FIAPAS 49. Marzo-Abril, 16-20*.
- FIAPAS y ARANS-BUR (1990). *1º Congreso FIAPAS. Burgos, Octubre, 1988*. Madrid: Instituto Nacional de Servicios Sociales. Ministerio de Asuntos Sociales.
- Furth, H.G. (1966). *Thinking without language*. Londres: Collier MacMilland
- Furth, H.G. (1973). *Deafness and learning: A Psychological Approach*. Belmont, California: Wadsworth.
- Galcerán, F. (1998). Bilingüismo y biculturalismo en la educación del niño sordo. *Revista de Logopedia, Foniatría y Audiología*, XVIII (2), 75-84.

- Galcerán, F. (1998). *Proyecto bilingüe del CEE de sords* CRAS de Sabadell
- Geers, A. y Moog, J. (1978). Syntactic maturity of spontaneous speech and elicited imitations of hearing –impaired children. *Journal Speech Hearing Disturbed* 43: 380-391.
- Gil, J. (1991). *Los sonidos del lenguaje*. Madrid: Síntesis.
- Giménez, F. (1993). El visualizador del habla (VISHA). En *Simposio Internacional sobre eliminación de barreras de comunicación*. Madrid: INSERSO, Ministerio de Asuntos Sociales.
- Gómez, L. (1995). Lectura labiofacial. *Documentos 31/94 (circulación institucional)*. Real Patronato de Prevención y Atención a Personas con Minusvalía, Madrid.
- González, A.M. (1995). Revisión de códigos y sistemas lingüísticos que pueden utilizarse para la comunicación con el sordo. *Revista de Educación Especial*, 19.
- Gorospe, J.M.; Garrido, M; Vera, J; Málaga, J. (1997). *Valoración de la deficiencia y la discapacidad en los trastornos del lenguaje, el habla y la voz*. Madrid: IMSERSO. Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales.
- Gotzens, A. M. y Marro, S. (2001). Sordera y Percepción auditiva. En I. Bustos. Coord. (2001). *La percepción auditiva*. Madrid: ICCE.
- Gregory, S. y Mogford, K. (1981). Early language development in deaf children. En B. Woll, J. Kyle y M. Deuchar (Eds.). *Perspectives on BSL and deafness*. London: Croom Helm.

- Hasselbring, T.S., Going, L.I. y Bransford, J.D. (1988). Developing math automaticity in learning handicapped children: the role of computerized drill and practice. *Focus and Exceptional Children*, 20(6),1-7.
- Herrero, J. (1998). Una experiencia de trabajo con sordos en Andalucía. *Jornadas sobre educación bilingüe*. Jaén.
- Huang, H.; Acero, A. y Hon, H. (2001). *Spoken Language Progressing*. New Jersey: Prentice Hall.
- Gregory, S. (1976). *The deaf child and family*. Londres: Gregory Allen and Unwin.
- Gregory, S. y Mogford, K. (1981). "Early language development in deaf children". En B. Woll, J. Kyle y M. Deuchar (Eds.). *Perspectives on BSL and deafness*. London: Croom Helm.
- Jáudenes, C. (1995). *Ayudas técnicas para la supresión de barreras de comunicación*. Documentos 31/94 (circulación institucional). Madrid: Real Patronato de Prevención y Atención a Personas con Minusvalía.
- Jara, P. (1994). Sistema VISHA y tratamiento logopédico. Experiencias de uso. En *Nuevas tecnologías aplicadas a la discapacidad. Proyectos y experiencias*. Madrid: INSERSO, Ministerio de Asuntos Sociales.
- Juárez, A. (1988). Intervención logopédica en la sordera infantil. En J. PEÑA (Ed.): *Manual de Logopedia*. Madrid: Masson.
- Juárez, A y Monfort, M. (2001). *Algo que decir*. Madrid: Entha ediciones.

- Justo, M.J.; Juncos, O; Caamaño, A. et al (1999). Características del input que reciben los niños pequeños de sus padres sordos. *Revista de Logopedia, Foniatría y Audiología, XIX (1), 11-18.*
- Krendl, K. A. y Lieberman, D.A. (1988). Computers and learning: A Review of Recent Research. *Journal of Educational Computing Research, 4 (4), 367-389.*
- Lara, P. (1998). Sistemas alternativos para mejorar la comunicación. *Jornadas sobre interacción comunicativa padres-hijos.*
- Lejska, M. (2004). Voice field measurements – A new method of examination: the influence of hearing on the human voice. *Journal of voice 18(2), 209-205.*
- León, O. G. y Montero, I. (1997). *Diseño de investigaciones: introducción a la lógica de la investigación en psicología y educación.* Madrid : Mac Graw Hill.
- Lewis, V. (1991). *Desarrollo y déficit. Ceguera, sordera, déficit motor, síndrome de Down, autismo.* Madrid: MEC/Paidós.
- Lin, A., Podell, D. y Rein, N. (1991). The effects of CAI on Word recognition in mildly handicapped and nonhandicapped learners. *Journal of Special Education Technology, 11(1), 16-25.*
- Loncke, F. (1998). Multimodalidad: un concepto clave en la educación de los niños sordos. *Revista de Logopedia, Foniatría y Audiología, XVIII (2), 95-107.*
- MacArthur, C., Haynes, J., Harris, K. y Owings, M. (1990). Computers assisted instruction with learning disabled student: Achievement, engagement and other factors that influence achievement. *Journal of Educational Computing Research, 6(3), 311-328.*

- Mangrané, I. (1998). Orientaciones para la estimulación auditiva en niños con sordera profunda. *Revista de Logopedia, Foniatría y Audiología*, XVIII (2), 85-93.
- Marschark, M. (1993). *Psychological development of deaf children*. New York : Oxford University Press.
- Marshal, M.; Chinn, K.M. y Moulton, R.D. (2005). Effectiveness of multimedia reading materials when used with children who are deaf. *American Annals of the deaf, Washington* 14(5),394-404.
- Marchesi, A., Alonso, P., Paniagua, G. y Valmaseda, M. (1995). *Desarrollo del lenguaje y del juego simbólico en niños sordos profundos*. Madrid: M.E.C. / CIDE.
- Marchesi, A. (1994). Comunicación, lenguaje y pensamiento de los niños sordos. En A. Marchesi, C. Coll. y J. Palacios: *Desarrollo psicológico y educación, III: Necesidades Educativas Especiales*. Madrid: Alianza Editorial.
- Marchesi, A (1995). *El desarrollo cognitivo y lingüístico de los niños sordos*. Madrid: Alianza Editorial.
- Martínez, E. (1991). *Fonética Experimental: Teoría y práctica*. Madrid : Síntesis.
- Martínez, J. (1988). Prótesis auditivas. En PEÑA, J (coord.), *Manual de Logopedia*. Madrid : Masson.
- Martínez, E., Sánchez, A. y Navas, J.L. (1999). *ISAEUS: User needs. Informe del Desarrollo del Proyecto ISAEUS (2º Hito)*. Proyecto ISAEUS (Iniciativa TIDE de la UE. Ref. DE 3004).

- Mauchly, J. W. (1940). Significance test for sphericity of a normal n-variate distribution. *The Annals of Mathematical Statistics*, 11, 204-209.
- Meadow, K.P. (1980). *Deafness and Child development*. Londres: Edward Arnold.
- Muñoz, E. (1994). Panorámica de la investigación sobre Ayudas Técnicas para Discapacitados. En *Nuevas tecnologías aplicadas a la discapacidad. Proyectos y experiencias*. INSERSO. Madrid: Ministerio de Asuntos Sociales.
- Pascual, J. (1995). Diseño de medidas repetidas. En M.T. Anguera, J. Arnau, M. Ato, R. Martínez, J. Pascual y G. Vallejo, (Eds) (1995). *Métodos de Investigación en Psicología*. Madrid: Síntesis-Psicología.
- Pelgrum, W. J. y Plomp, T. (1991). *The use of computers in education worldwide*. Oxford: Pergamon.
- Pellegrino, J.W. y Goldman, S.J. (1987). Information processing and elementary mathematics. *Journal of Learning Disabilities*, 20, 23-32.
- Puertas, J.I.; Lopez, R. y García, R. (1999). *ISAEUS: Speech training for deaf and hearing impaired people. Informe del Desarrollo del Proyecto ISAEUS (2º Hito)*. Proyecto ISAEUS (Iniciativa TIDE de la UE. Ref. DE 3004).
- Puyuelo, M, Torres, S., Santana, R., Segarra, M. y Vilalta, E. (2001). *Intervención del lenguaje. Metodología y recursos educativos. Aplicaciones específicas a la deficiencia auditiva*. Madrid : Masson.

Bibliografía

- Quiggley and Paul (1995). *Language and deafness*. U.S.: Singular Publishing Group.
- Quilis, A. y Fernandez, J.A. (1992). *Curso de fonética y fonología españolas*. Madrid: Consejo Superior de Investigaciones Científicas.
- Real, R; Rivas, P; De la Rosa, L, Bandera, A. (1993). El deficiente auditivo en la escuela. En *Necesidades Educativas Especiales*. Granada: Aljibe.
- Regian, J.W. y Shute, V. (1992). *Cognitive Approach to Automated Instruction*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaums Ass., Pu.
- Riba, M.D. (1990). *Modelo lineal de análisis de varianza*. Barcelona: Herder.
- Sánchez, N. (1993). Las nuevas tecnologías en la escuela. Programas europeos. En *Simposio Internacional sobre eliminación de barreras de comunicación*. Madrid: INSERSO. Ministerio de Asuntos Sociales.
- Sancho, J (ed) (2001). *Apoyos digitales para repensar la educación especial*. Barcelona: Octaedro- EUB.
- Sánchez, R. (1997). *Ordenador y discapacidad*. Madrid: CEPE.
- Scherer, M.J. (2002). *Assistive Technology Matching Device and consumer for successful rehabilitation*. Washington: APA.
- Sebastián, G. de (1987). *Audiología práctica*. Editorial Médica Buenos Aires: Panamericana.
- Self, J. (1985). *Microcomputers in Education: A Critical Appraisal of Educational Software*. Brighton: The Haverster Press.

- Silvestre, N. (ed.) (1998). *Sordera. Comunicación y Aprendizaje*. Madrid: Masson.
- Silvestre, N y Laborda, C. (1996). El bilingüismo oral en el alumnado con déficit auditivo. *19º Congreso Nacional de AELFA. Ponencias y Comunicaciones*, Valencia.
- Stevens, J. (1992). *Applied multivariate statistics for the social sciences*. Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Straker, A. (1986). A sorry state of affairs. *The Times Educational Supplement*, Mayo.
- Subtelny, J.D.(1980). *Speech assessment and Speech Improvement for the hearing impaired*. Washington: The Alexander Graham Bell Association for the deaf.
- Suriá, M.D. (1985). *Guía para padres de niños sordos*. Barcelona: Herder.
- Toledo, P. (2001). *Accesibilidad, Informática y Discapacidad*. Sevilla: Mergablum.
- Torres, S. Rodríguez, J.M., Santana, R. y González, A.M. (1995). *Deficiencia Auditiva. Aspectos psicoevolutivos y educativos*. Granada: Aljibe.
- Torres, S. (1995). Principios metodológicos y métodos principales en la intervención logopédica con niños sordos. *Documentos 31/94 (circulación institucional)*. Madrid: Real Patronato de Prevención y Atención a Personas con Minusvalía.
- Underwood, J.S. y Underwood, G. (1978). *Computers and learning. Helping children to acquire thinking skills*. Oxford: Basil Blackwell.

- Urquía, B. (1998). Intervención naturalista en contexto de aula en una escuela de educación especial. *Revista de Logopedia, Foniatría y Audiología, XVIII (1)* 31-45.
- Valero, J. y Gou, J. (2003). La mejora en el rendimiento auditivo y en la producción fonética de un grupo de niños sordos a partir del uso de prótesis auditivas. *Revista de Logopedia, Foniatría y Audiología, 23 (1)* 42-51.
- Vallejo, G. (1991). *Diseño de medidas repetidas*. Barcelona: PPU.
- VVAA (1987). *Orientaciones para la educación del niño con deficiencia auditiva*. Madrid: Departamento de Deficiencia Auditiva y Trastornos del Lenguaje, C.N.R.E.E./MEC.
- VVAA (1989). *La amplificación en la deficiencia auditiva*. Madrid: Departamento de Deficiencia Auditiva y Lenguaje, C.N.R.E.E./MEC.
- VVAA (1998). Experiencia Bilingüe en el Instituto Hispano Americano de Madrid. *Jornadas sobre educación bilingüe*. Jaén.
- Volterra, V. & Erting (1990). *From gesture to language in hearing and deaf children*. Berlin: Springer-Verlag.
- Vygotsky, L. (1934). *Pensamiento y Lenguaje*. Barcelona: Paidós.
- Wood, D.J. (1983). El desarrollo lingüístico y cognitivo en los deficientes auditivos. *Infancia y Aprendizaje*, monografía 3, 201-222.
- Woodward, J. (2001). La investigación sobre programas informáticos para los problemas de aprendizaje. Tendencias recientes en Estados Unidos. En J. Sancho et al (2001). *Apoyos digitales*

para repensar la educación especial. Barcelona: Octaedro-EUB.

ANEXOS

ANEXO I: Protocolo para la recogida de información

Nombre codificado	
Edad	
Sexo	
Tipo de discapacidad auditiva	
Tipo de ayuda auditiva	
Modalidad de comunicación	
Nivel educativo	
Antecedentes en la familia de discap. auditiva	
Tipo de ambiente lingüístico del niño	
Nivel de conocimiento del alfabético fonético (fonemas que articula)	
Nivel de habilidad lectora	
Usa el ordenador	
¿Comprende el alumno las indicaciones que da el programa?	

ANEXO II: Hoja de registro

Cód. niño	Fecha	EJ.	IN.	T.	Ay.	PT.	OBS.

EJ.: Tipo de ejercicio: (1) soplo (2) Tono (3) Ritmo de soplo (4) Ritmo de tono (5) Visualización de formantes (6) Vocal A (7) Vocal E (8) Vocal I (9) Vocal O (10) Vocal U; **IN. :** Interés en el ejercicio; **PT.:** puntuación obtenida por el sistema; **T.:** tiempo empleado en la sesión; **Ay.:** tipo de ayuda que ha necesitado del logopeda; **Obs.:** observaciones (dificultades que tiene el niño,...).

ANEXO III: Hoja de recogida de los registros para lo intereses de los alumnos por las logopedas

	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Soplo d1												
Soplo d2												
Soplo d3												
Tono d1												
Tono d2												
Tono d3												
R. Soplo d1												
R. Soplo d2												
R. Soplo d3												
R. Tono d1												
R. Tono d2												
R. Tono d3												

