



UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA

Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias
División de Ciencias Biológicas
Departamento de Ciencias Ambientales

INSTITUTO DE NEUROCIENCIAS

Procesamiento temporal auditivo en escolares

Tesis

que para obtener el grado de

**MAESTRO EN CIENCIAS DEL COMPORTAMIENTO
(ORIENTACIÓN NEUROCIENCIA)**

presenta

Carlos Gallegos Salmón

Comité tutorial

Dra. Esmeralda Matute Villaseñor (Directora)

Dra. Reneé Beland (Asesora)

Dra. Julieta Ramos Loyo

Dra. Fabiola Gómez Velázquez

Dr. Andrés González Garrido

Dr. Luis Miguel Sánchez Loyo

Guadajajara, Jalisco

junio de 2010

Agradecimientos

El trabajo que se ha realizado no nada más consta del tiempo invertido sino de la participación clave de diversas personas que me enseñaron, guiaron y apoyaron en todo momento para que en mi acervo personal y profesional pudiera acercarme de forma correcta a la ciencia.

Quiero agradecer al Instituto de Ciencias de la ciudad de Guadalajara y al director de primaria, Maestro Fidel Espinoza, por su entera confianza y apoyo para trabajar con los estudiantes que nos fueron facilitados y llevar a cabo la presente investigación.

Este agradecimiento se extiende hacia mi comité tutorial, a los doctores/profesores y mis amigos del Instituto de Neurociencias de Guadalajara que supieron poner a mi alcance un fragmento de su inmenso conocimiento. Particularmente agradezco a la Dra. Esmeralda Matute por la firmeza que manifestó al guiarme, la mano dura y el temple que mantuvo en nuestras reuniones y las palabras que atinadamente me dirigió para mejorar mi desempeño. A mis compañeros de laboratorio que, siendo yo foráneo, se volvieron una cálida familia y con gusto compartimos risas, pláticas y libros: Olga, Teresita, Judith, Omar, Bety, Lina, “Karla, Yaira, Lulú” (los ángeles de Charlie), Ana Luisa, Minerva, Coty y Edgar.

Al Dr. Alfredo Feria que con su ayuda pude materializar lo teórico y coincidir, después de conocerme desde niño, en caminos similares: la ciencia.

A mis padres; ella por su entera confianza, impulso, motivación y palabras de fuerza para continuar. A él por su franqueza, por enseñarme que sí hay sueños y trabajos alcanzables y, sobretodo, por mostrarme cómo adelantarme dos pasos antes de que alguien me pida las cosas.

Amigos, testigos de mi transición, proceso, evolución, definición laboral: GRACIAS. Brenda, la distancia nunca ha sido nuestro impedimento; Héctor, hemos hecho de nuestras diferencias una pacífica similitud; Isabel “Toti”, sé cómo apoyarme en tu hombro y sabes que cuentas con mi alma entera; Frank, mi hermano, testigo, cómplice y soberano del humor negro; Juan Pablo, compañero de casa, de ciudad, de laboratorio... de vida; Fernanda, mucho oído, muchas

palabras y abrazos enormes; Aída, viajes intergalácticos entre Freud y las neuronas, entre tu risa y la mía; Gloria, tu ejemplo me lleva por buenos caminos... Muchos nombres, inmensos momentos, todos reunidos en mi pensamiento: Sue Figueroa, América Pintor, Polo Mata, Luigi Capurro, Denise Cárdenas, Lucy Ventura, Nelly David, Alejandra Romo, Adriana Silveira, Bruno Discua, Iván Fuentes, Omar Acuña, Gladys Cabañas, Josimar Díaz, Angie Baez, Eduardo Martínez, Luz Mariscal, Angélica Fragoso, Carlos Canela... así cómo no va a ser grato vivir.

Sin embargo, mi entero y fidedigno agradecimiento va hacia la persona que con su ejemplo (guía silenciosa) supo señalarme el camino correcto: Dr. Enrique Blanco de la Mora; gracias *H*, supiste conducir a un ciego... *looks like we made it...!*

¡Nacer, moverse, pensar y convertirse en conciencia; ir perdiendo la vehemencia, resignarse a no volar! Es dañoso investigar con el puro entendimiento. Vive el alma del sustento que la exaltación le ofrece. Si existe o no, resplandece cuando manda el sentimiento.

P.A.

Índice

Resumen	6
Abstract	7
1.- Introducción	8
2.- Antecedentes	9
2.1.- Características del estímulo sonoro	9
2.1.1.- El sonido	9
2.1.2.- Propiedades físicas del sonido	9
2.1.3.- Propagación del sonido	10
2.2.- La audición (SNC)	11
2.2.1.- Función y anatomía del oído	12
2.2.2.- Las células ciliadas	15
2.2.3.- El procesamiento auditivo	16
2.2.4.- La corteza auditiva	19
2.3.- Desarrollo auditivo	23
2.3.1.- Perspectiva psicofisiológica del desarrollo auditivo	23
2.3.2.- Desarrollo auditivo del lenguaje y del habla en lactantes, preescolares y escolares	25
2.4.- Procesamiento auditivo central	29
2.4.1.- Procesamiento temporal auditivo (PTA)	29
2.4.2.- PTA y el desarrollo del lenguaje oral y escrito	30
2.4.3.- PTA y dislexia	36
2.4.4.- Prueba del PTA (TOT)	38
3.- Planteamiento del problema	42
3.1.- Hipótesis de investigación	43
3.2.- Objetivos de investigación	43
4.- Método	44
4.1.- Criterios de inclusión	44
4.2.- Criterios de no inclusión	44
4.3.- Criterios de exclusión	44
4.4.- Sujetos	44
4.5.- Equipo y materiales	45
4.5.1.- Equipo para seleccionar la muestra	45
4.5.2.- Materiales para seleccionar la muestra	45
4.5.3.- Prueba de orden temporal (TOT)	47
4.5.4.- Características de las cualidades acústicas	48
4.5.5.- Secuencias auditivas	51
4.5.6.- Respuesta conductual	52
4.5.7.- Aplicación del TOT	52
4.5.8.- Familiarización	52
4.5.9.- Pruebas prácticas	53
4.5.10.- Ensayos experimentales	54
4.6.- Procedimiento	57
4.7.- Consideraciones éticas	57
4.8.- Ruta crítica	58
5.- Análisis estadístico	59
5.1.- Variables	59

6.-	Resultado	60
7.-	Discusión	69
8.-	Conclusiones	77
9.-	Limitaciones	78
10.-	Prospectiva	79
11.-	Referencias bibliográficas	80
12.-	Glosario	89
13.-	Anexos	91

Resumen

Objetivo: Conocer en niños escolares, sanos e hispanohablantes el efecto de la edad en una tarea de procesamiento temporal auditivo tanto con estímulos verbales como no verbales en dos cualidades acústicas, altura y duración.

Método: Se formaron cuatro grupos de edad: 8, 9, 10 y 11 años. A los padres de familia se les pidió su autorización por escrito y los participantes provenían de escuela privada. Para caracterizar la muestra, a un total de 83 participantes se les realizó una impedanciometría, una audiometría, se les aplicó la Escala de inteligencia de Wechsler para Niños IV (WISC-IV, forma abreviada) y la Prueba de lateralidad manual de Annette. Para obtener las respuestas conductuales, a los participantes se les aplicó el TOT (Prueba de Orden Temporal) y los puntajes obtenidos fueron analizados y discutidos.

Resultados: Se observó el efecto de la edad esperado, a mayor edad de cada grupo mayor fue el número de aciertos y menores los tiempos de reacción. Vimos que las diferencias significativas encontradas se presentaron entre los de 8 años y los demás grupos de edad.

Palabras clave: procesamiento temporal auditivo, edad.

Abstract

Objective: To evaluate in elementary school-age healthy Spanish-speaking children their efficiency when executing an auditory temporal processing task consisting of verbal and non-verbal stimuli in two acoustic qualities, height and duration, and to correlate their performance according to age.

Method: Four age groups were selected (8,9,10 and 11 years). A written authorization was obtained from their parents; all participants included belonged to private schools. A total of 83 candidates were submitted to acoustic impedance testing and audiometry; also, the Wechsler Intelligence Scale for Children IV (WISC-IV, short version) and the manual capability Test of Annette. In regards to behavioral responses, the participants answered the TOT (Temporal Order Test). All the scores were analyzed.

Results: We observed an expected age effect; the older the group the higher number of correct answers and shorter reaction times. We also observed that there were significant differences between the 8 years group and the other three groups.

Key words: Auditory temporal processing, children, age groups.

1.- INTRODUCCIÓN

El procesamiento temporal auditivo (PTA) es la habilidad para procesar los estímulos auditivos verbales y no verbales en un tiempo determinado para lograr una percepción adecuada (Portellano, 2005).

De acuerdo con diversas investigaciones, es importante conocer las diferencias ligadas a la edad escolar que existen en la identificación de los sonidos porque el correcto funcionamiento del PTA es indispensable para la adquisición de la lecto-escritura (Rauscher, 2003).

El PTA es relevante para el desarrollo del lenguaje debido a que los sonidos del habla humana están compuestos de cambios rápidos en la frecuencia y la intensidad, incluyendo los silencios (Sanes, 2000).

Sin embargo, en escolares, sanos e hispanohablantes no hay evidencia o datos que den a conocer cómo es tal procesamiento para poder ser comparados, posteriormente, con algún grupo de participantes que presenten alteraciones en el lenguaje, como los disléxicos.

El presente estudio se centra en el PTA en escolares sanos de 8 a 11 años de edad. Los participantes identificaron una secuencia de estímulos auditivos, tanto verbales como no verbales en dos cualidades acústicas, altura y duración, con el objetivo de conocer si el número de respuestas correctas aumentaba conforme la edad de cada grupo se incrementaba mientras que los tiempos de reacción disminuían.

En los antecedentes teóricos de este estudio, se mencionan las características del estímulo sonoro, la audición en el sistema nervioso central, el desarrollo auditivo y el procesamiento auditivo central, donde encontraremos que una de sus ramas es el procesamiento temporal auditivo.

Posteriormente, se plantean las preguntas, objetivos e hipótesis de investigación, así como el método utilizado, se dan a conocer los resultados y finalmente se discute sobre lo encontrado.

2. ANTECEDENTES

2.1. Características del estímulo sonoro.

2.1.1. El sonido.

El sonido es el fenómeno físico que estimula el sentido auditivo. La velocidad del sonido en el aire es de 340 m/s y en el agua es de 1500 m/s (Soto, 2008). En general, las ondas pueden propagarse de forma transversal o longitudinal y en ambos casos, sólo la energía y la cantidad de movimiento ondulatorio se propagan en el medio; ninguna parte del medio en sí se mueve físicamente a una gran distancia (Auriol, 1998).

En los seres humanos el sonido se percibe siempre que una vibración con una frecuencia comprendida entre unos 15 y 20.000 hercios llega al oído interno.

El procesamiento del sonido se realiza gracias a que el sistema auditivo detecta cambios rápidos en la intensidad y la frecuencia de los estímulos. El inicio de la percepción auditiva está determinado por el carácter de los componentes periféricos del sistema auditivo que modulan las fuerzas que actúan sobre las fibras nerviosas auditivas. En circunstancias óptimas, una persona puede localizar la posición de una fuente de sonido con una exactitud aproximada de un grado con respecto de su centro y ésta capacidad depende de la interacción entre los dos oídos (Rosenzweig, 1992).

Escuchar implica la detección de los eventos acústicos, la capacidad para discriminarlos (localización, amplitud, tiempo, timbre) y dar un significado al estímulo, es decir, tener el acceso a las asociaciones semánticas (Phillips, 1995).

2.1.2.- Propiedades físicas del sonido.

Las características básicas del sonido son: longitud, frecuencia, amplitud, intensidad, tonalidad y timbre (Soto, 2008).

La longitud de onda es la distancia que recorre una onda en un tiempo determinado y ésta se encuentra relacionada con la frecuencia por medio de la

velocidad de propagación del sonido (Maggiolo, 2005), ya que la frecuencia es el número de oscilaciones que una onda efectúa en un determinado intervalo. Al número de ciclos por segundo se le conoce como hercio (Hz). La amplitud de un sonido es el máximo exceso de presión (o presión sonora) en cada ciclo.

La intensidad del sonido depende de la amplitud de onda, es decir, del aumento de la presión en cada onda; cuanto mayor sea la amplitud de la onda, mayor es la intensidad del sonido que se percibe. El tono es un elemento no rítmico y depende de la frecuencia de la onda, es decir, del número de oscilaciones por segundo; cuanto mayor sea la frecuencia, el sonido se percibe como más agudo. El tono es, entonces, la cualidad del sonido mediante la cual le asignamos un lugar en la escala musical, permitiendo distinguir entre los tonos graves y los agudos. El timbre es la característica que distingue dos sonidos con el mismo tono y éste resulta del hecho de que los sonidos están compuestos por conjuntos de ondas con diferentes frecuencias que son característicos de cada fuente sonora (Miyara, 1999).

Tabla 1.
Esquematación de las propiedades del sonido.

Característica	Cualidad	Rango
Frecuencia de onda	Altura	Agudo, medio, grave
Longitud de onda	Duración	Largo o corto
Amplitud de onda	Intensidad	Fuerte, débil o suave
Armónicos de onda	Timbre	Fuente emisora de sonido

Tomada de: *Iglesias Simón, P. (2004).*

2.1.3. Propagación del sonido.

A veces se restringe el término sonido a la transmisión sonora por medio del aire. Sin embargo, los físicos también suelen extender el término de sonido a vibraciones similares en medios líquidos o sólidos. Miyara, (1999) señala que el sonido es el resultado de una perturbación que se propaga en un medio elástico. La función del medio transmisor es fundamental, ya que el sonido no se propaga en el vacío.

En nuestro espacio, al vibrar un cuerpo sonoro se produce un desplazamiento que se transmite a las moléculas del aire que están en contacto

con él; ésta perturbación se va propagando a las moléculas próximas y se va extendiendo hasta que, poco a poco, va decayendo su fuerza según la intensidad de la fuente sonora. Este movimiento que se expande se llama onda sonora (De Sebastián, 1963).

2.2. La audición (SNC).

Escuchar requiere de un oído (o dos) y de un sano sistema nervioso central. El oído es necesario para la transducción del estímulo mecánico en impulsos neuronales que se transmiten hacia el cerebro a través del nervio auditivo y el cerebro es necesario para el registro perceptual y la elaboración cognitiva de la señal sensorial (Phillips, 1995). En otras palabras, la función del sistema auditivo es convertir el sonido en impulsos eléctricos para que el sujeto escuche (Shubert, 1980).

El funcionamiento del sistema auditivo se debe, principalmente, a la estructura anatómica que lo conforma, los estímulos que actúan sobre ella y a la red de sistemas neurológicos que procesan tales estímulos. La detección y discriminación de cambios rápidos en los estímulos auditivos conlleva a la percepción del sonido. El oído humano está formado por tres estructuras básicas que son el oído externo, oído medio y oído interno (Figura 1).

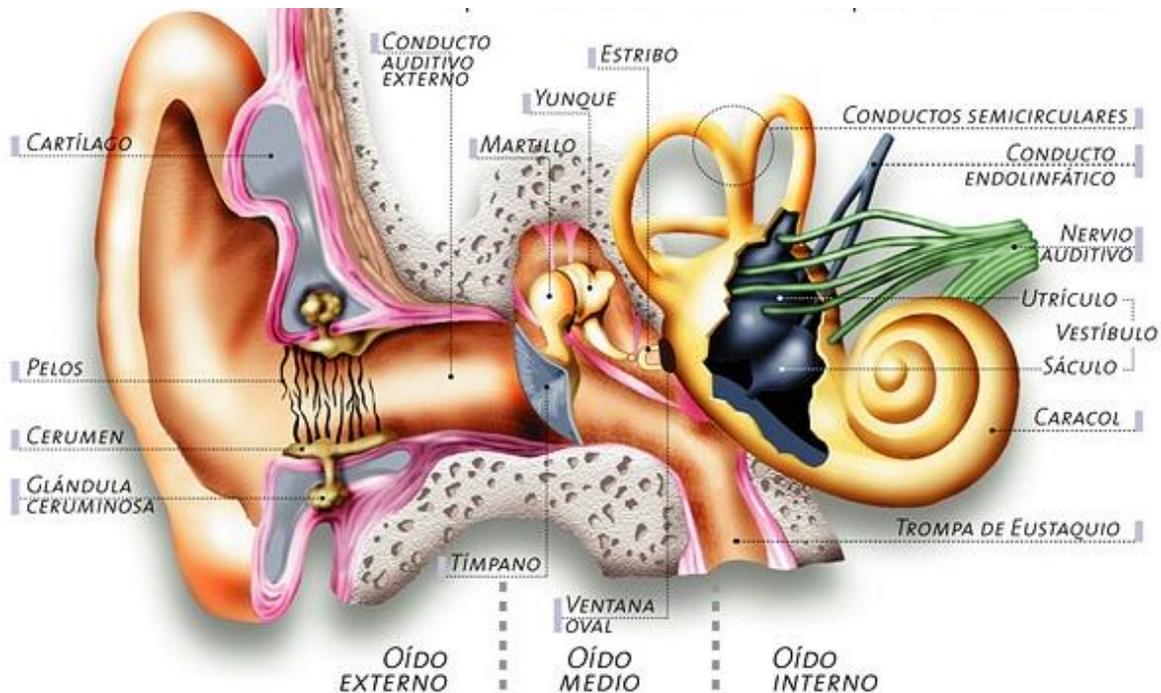


Fig. 1.- Estructura anatómica del oído. Tomada de: Poncela (2007), en: http://www.lpi.tel.uva.es/~nacho/docencia/ing_ond_1/trabajos_06_07/io2/public_html/imagenes/oido.jpg

2.2.1. Función y anatomía del oído.

Si bien se ha mencionado que la integridad de la estructura anatómica del oído es necesaria para la detección de los estímulos sonoros, es importante identificar las funciones principales que se realizan. Goldstein, (2005) señala las siguientes consideraciones.

OÍDO EXTERNO.- El oído externo consta del pabellón de la oreja y el conducto auditivo. Las ondas sonoras pasan por el canal auditivo y éste, que posee una forma tubular de unos tres centímetros de largo, protege a las delicadas estructuras del oído medio de los peligros del exterior. El oído externo cumple la función de aumentar la intensidad de algunos sonidos mediante el principio físico de la resonancia, la cual se origina cuando las ondas sonoras que se reflejan en el extremo cerrado del canal auditivo interactúan con las ondas sonoras que ingresan al canal auditivo. Las mediaciones de las presiones del

sonido dentro del oído indican que la resonancia en el canal auditivo tiene un ligero efecto amplificador en las frecuencias de entre 2000 y 5000 Hz. (Figura 2).

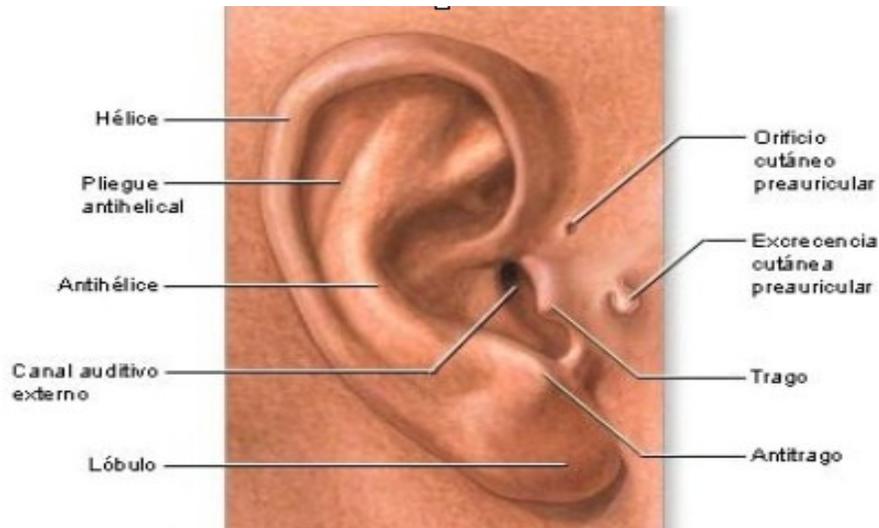


Fig. 2.- Estructura del oído externo. Tomada de: *Sánchez Calvin (2006)*, en: www.portalesmedicos.com/images/publicaciones

OÍDO MEDIO.- Cuando las ondas sonoras alcanzan la membrana del tímpano al final del canal auditivo, la hacen vibrar y ésta vibración se transmite a la estructura del oído medio que se encuentra del otro lado de dicha membrana. La cavidad del oído medio contiene cuatro huesos pequeños llamados martillo, yunque, lenticular y estribo. La función de dichos huesos es la de asegurar la conexión entre el tímpano y la ventana oval y, con ello, la transmisión de las vibraciones del tímpano a las estructuras del oído interno así como amplificar la vibración sonora debido a que el oído externo y medio contienen aire, mientras que el oído interno contiene una sustancia acuosa llamada endolinfa mucho más densa que el aire. Si las vibraciones tuvieran que pasar directamente desde el aire al líquido, sólo se transmitirían alrededor del 3% de las vibraciones. La membrana timpánica hace vibrar al primero de estos cuatro huesos, el martillo, al que se encuentra unida. Esta vibración se transmite al yunque que, a su vez, la transmite al estribo por medio del hueso lenticular. Luego, éste comunica las vibraciones al oído interno presionando la membrana que cubre la ventana oval (Figura 3).

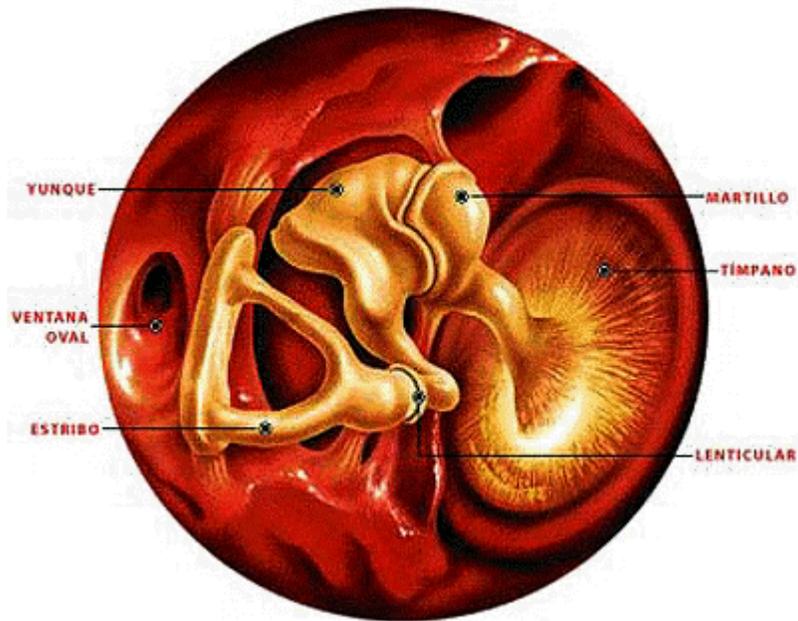


Fig. 3.- Estructura del oído medio. Tomada de Pérez de Silves (2001), en:
www.upload.wikimedia.org/wikipedia

OÍDO INTERNO.- La principal estructura del oído interno es la cóclea o caracol. La característica más evidente es que la mitad superior, llamada rampa vestibular, está separada de la inferior, llamada rampa timpánica, por una estructura conocida como división coclear que se extiende por la longitud de la cóclea. La base de la división coclear se localiza cerca del estribo y el ápice de la división coclear está en el otro extremo. En la división coclear hay una estructura llamada órgano de Corti que posee, principalmente, las células ciliadas. Éstas son las encargadas de la transducción de los estímulos auditivos en impulsos eléctricos (Figura 4).

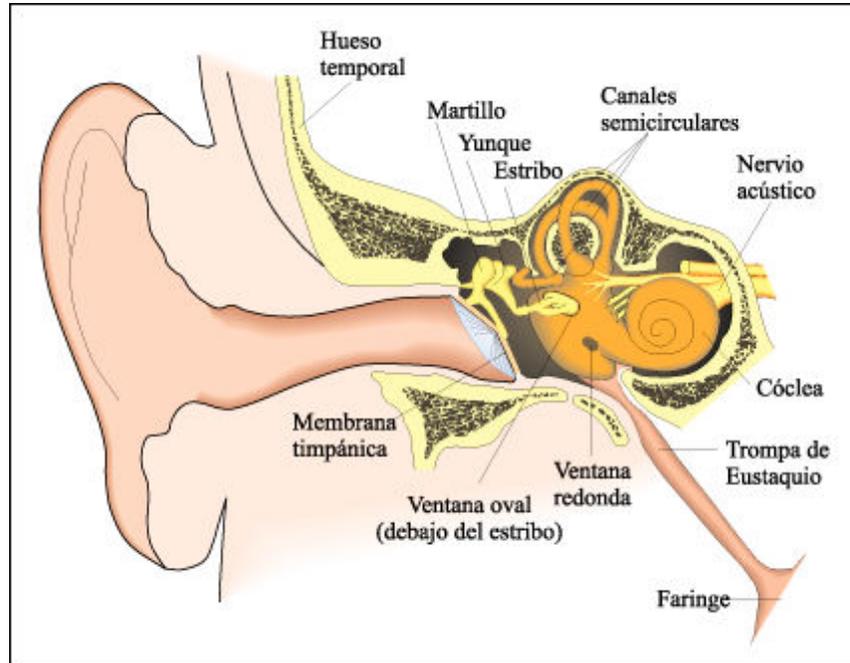


Fig. 4.- Estructura del oído interno, en:

<http://iescarin.educa.aragon.es/depart/biogeno/varios/BiologiaCurtis/Seccion%207/7%20-%20Capitulo%2048.htm>

2.2.2. Las células ciliadas.

Es importante resaltar la función de las células ciliadas porque a través de ellas se genera el cambio de energía mecánica a energía eléctrica. Las células ciliadas, dentro del órgano de Corti, pueden agruparse en internas (CCIs) y externas (CCEs). Las primeras actúan como transductores mecano-eléctricos del sistema auditivo mientras que las CCEs actúan, además, como células motoras. Las CCEs responden a los cambios de potencia que la longitud de onda presenta. La fuerza generada por ellas es capaz de alterar los delicados mecanismos cocleares incrementando la sensibilidad auditiva y la selectividad de las frecuencias. (Pedemonte y Narins, 1999) (Figura 5).

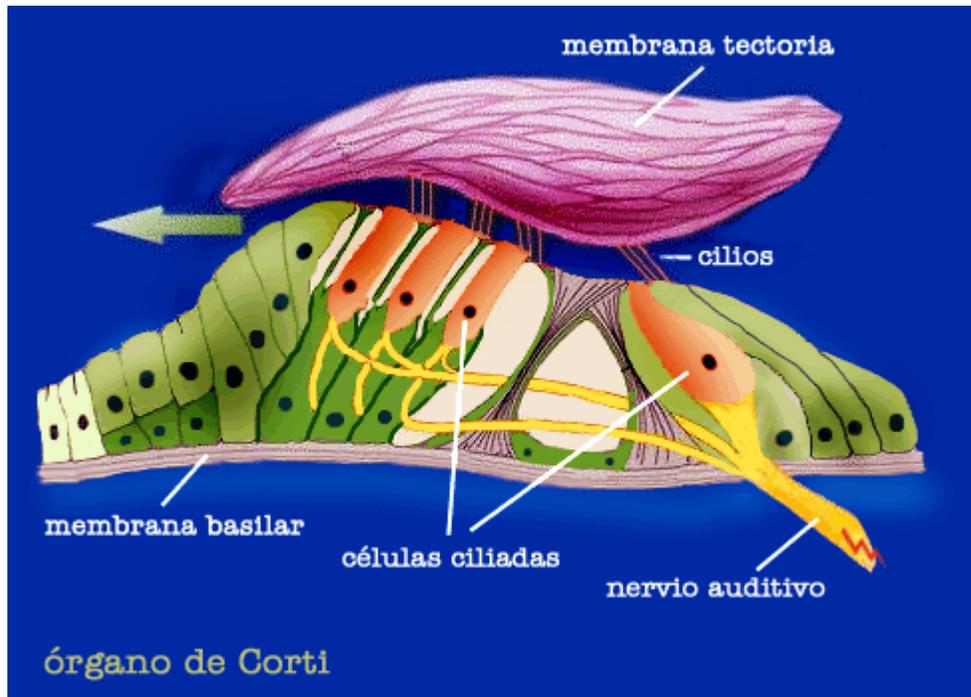


Fig. 5.- Ubicación de las células ciliadas en el oído interno, en:
www.xtec.cat/~c1lombar/espanol/oida/grafics/cortiesp.gif

2.2.3. El procesamiento auditivo.

Los impulsos auditivos eléctricos son conducidos a través del VIII par craneal (auditivo o vestibulococlear) para llegar a los núcleos olivares superiores (Figura 6). En la oliva superior, las diferencias del sonido que llega por cada oído se comparan y de ahí se determina la fuente del sonido. La oliva superior se proyecta con dirección cefálica hasta el colículo inferior por medio del lemnisco lateral. La segunda vía de información comienza en el núcleo coclear dorsal y es ésta vía reconoce las diferentes frecuencias. Ésta vía proyecta bilateralmente al colículo inferior a través del lemnisco lateral. Del colículo inferior, ambas vías de información proceden al núcleo geniculado medio y de éste, hacia la corteza auditiva primaria en la superficie horizontal de la cisura silviana en los lóbulos temporales (Afifi y Bergman, 1999), (Fig. 7).

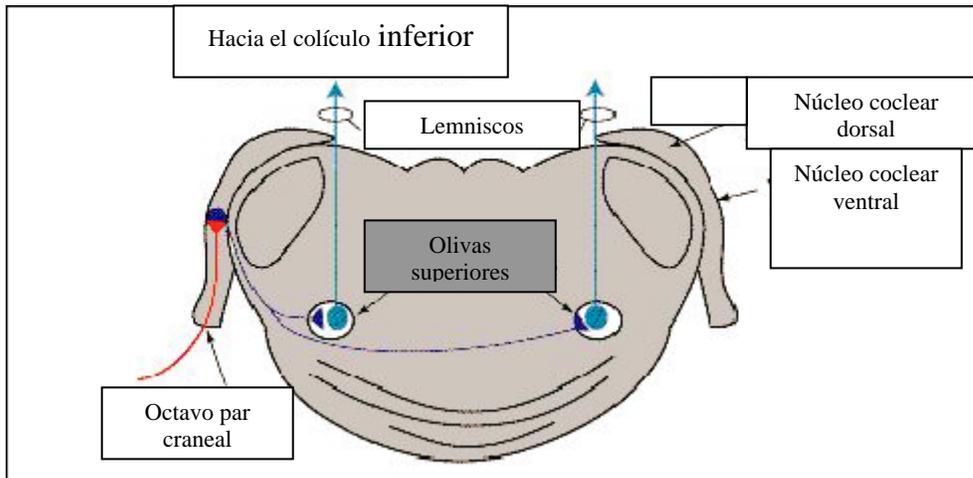


Fig. 6.- Gráfico axial con corte transversal a la altura de las olivas superiores.
Tomada de: *Bernal B. "Resonancia magnética funcional" Miami Children's Hospital.*

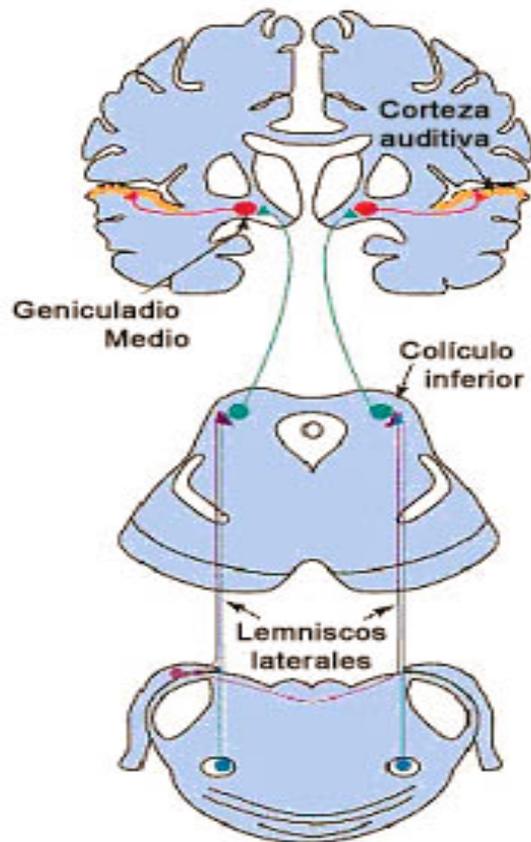


Fig. 7.- Vía de proyección bilateral del colículo inferior hacia la corteza auditiva primaria.
Tomada de: *Bernal B. "Resonancia magnética funcional" Miami Children's Hospital.*

2.2.4. La corteza auditiva.

La corteza auditiva (Figura 8), está localizada en el lóbulo temporal (que comprende el área situada por debajo de la Cisura de Silvio o surco lateral y su prolongación, limitando con el lóbulo occipital y parietal por su zona posterior) donde recibe las proyecciones de los núcleos geniculados mediales del tálamo y es responsable de la recepción de los estímulos auditivos. (Portellano, 2005).

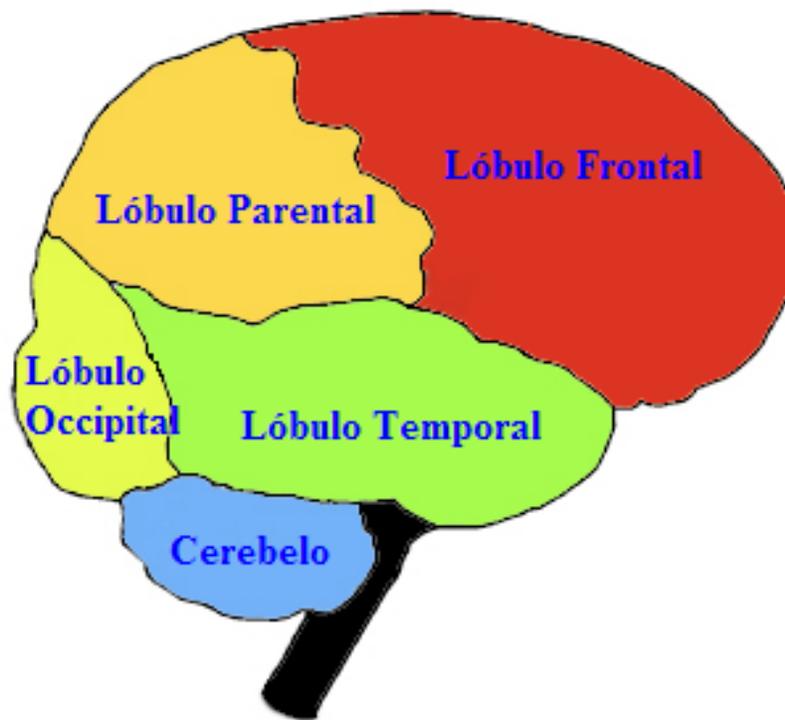


Fig. 8.- Ubicación anatómica de los lóbulos cerebrales. Tomada de *Nyberg, L. (2000)*, en: <http://medina-psicologia.ugr.es/cienciacognitiva/?p=36>

La corteza auditiva es la zona terminal de las fibras nerviosas periféricas que aportan la información auditiva recibida por los conductos y estructuras del oído. Se trata de un área bilateral y simétrica que ocupa la parte superior e interna del lóbulo temporal (Aimard, 1981).

La circunvolución de Heschl (área 41 y 42 de Brodmann) está localizada en la superficie externa de la corteza auditiva y contiene las áreas auditivas primarias,

que son responsables del procesamiento sensorial de los estímulos auditivos procedentes del oído interno (Fig. 9). Cada uno de los lóbulos temporales recibe información auditiva procedente de los dos oídos. Por una parte, están las vías auditivas cruzadas que transmiten el estímulo de un oído hacia el lóbulo temporal opuesto a través del cuerpo caloso y, por la otra, están las vías ipsilaterales que conducen el estímulo de un oído hacia el lóbulo temporal del mismo lado.

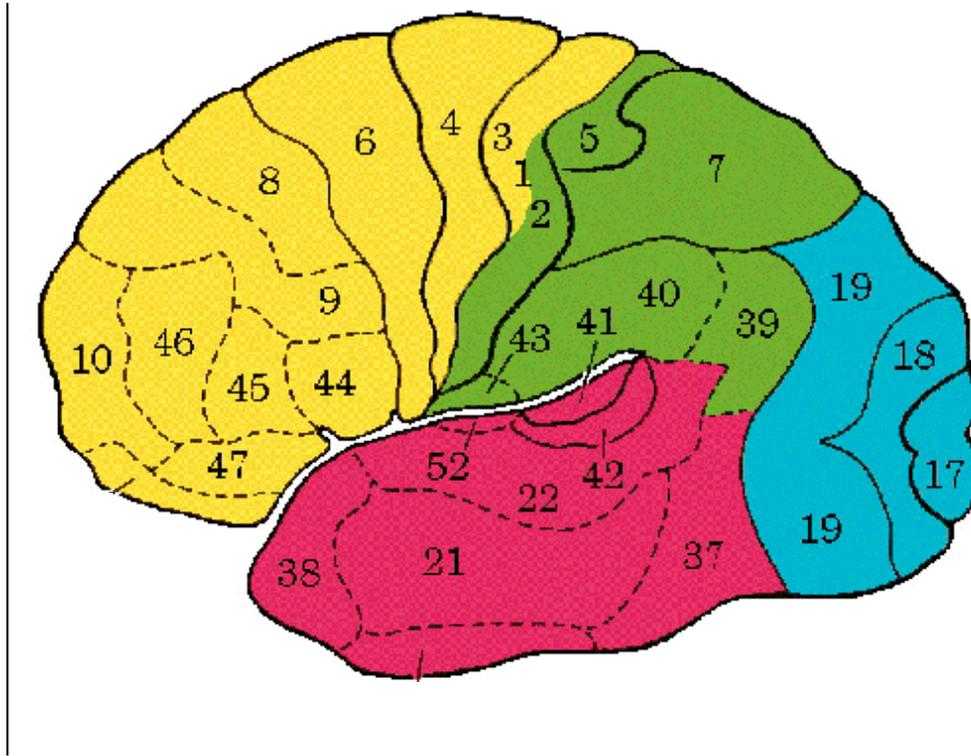


Fig. 9.- Ubicación del área auditiva primaria (circunvolución de Heschl, áreas 41 y 42 de Brodmann)

Tomada del *Miami Children's hospital*, en:

<http://www.mch.com/page/SP/344/fMRI/Principles.aspx>

El área auditiva primaria la constituye la porción media de la circunvolución temporal superior y está en relación con los tonos y otras cualidades de los sonidos. El área auditiva secundaria - resto del área auditiva - está en relación con el significado de las palabras y el reconocimiento de la música. A estas áreas hay que añadirles la de integración sensitiva (área de Wernicke, Fig. 10), que relaciona la información sensorial somática, visual y auditiva; corresponde a la parte

posterior de la zona superior temporal en contacto con los lóbulos parietal y occipital (Barrio, 2000).

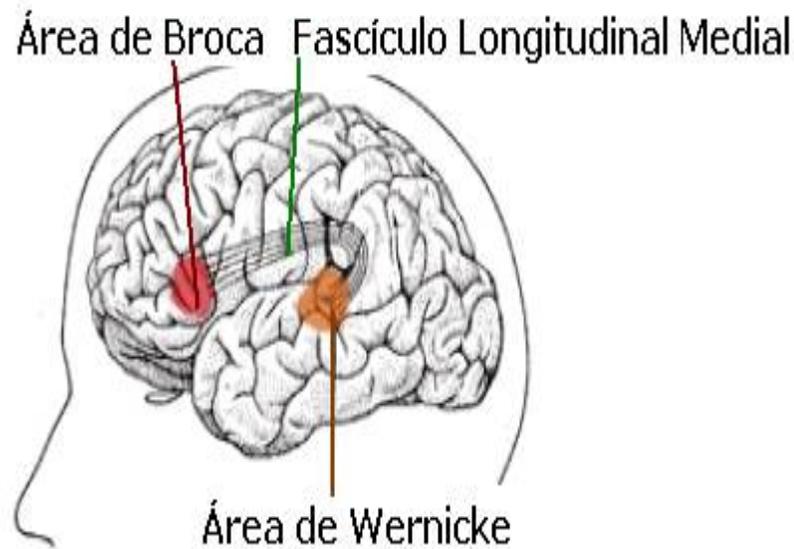


Fig. 10.- Localización del área de Wernicke. Tomada de *Universidad de la Frontera, Chile (2009)*, en: www.antropos.galeon.com/imag/prehisto/lengua3.jpg

El área cortical primaria recibe los estímulos provenientes de los núcleos geniculados internos talámicos; la zona secundaria tiene aferencias por medio de dos vías, la primera desde el área receptora auditiva primaria y la segunda desde los núcleos talámicos (Ortiz, 1997).

El núcleo de la corteza auditiva en ambos hemisferios responde a la variación temporal, así como la zona temporal superior anterior responde a las variaciones espectrales. La corteza auditiva predominante para el procesamiento temporal se localiza en el hemisferio izquierdo y para el procesamiento espectral, en el hemisferio derecho (Zatorre, et al., 2001).

Para demostrar la activación del córtex auditivo primario (Gyrus o circunvolución de Heschl) un grupo de 15 voluntarios normooyentes (10 hombres y 5 mujeres) con un rango de edad entre los 23 y 40 años, media de 28.5 años y diestros, fueron estimulados con tonos de 2.500 Hz en ciclos de 20 segundos seguidos por 20 segundos de reposo. El registro se obtuvo mediante una resonancia magnética funcional. Los resultados muestran que la activación en

respuesta a la estimulación tonal se produjo en todos los sujetos de manera significativa a nivel del córtex auditivo primario en ambos hemisferios cerebrales ($p < 0.001$) y una tendencia a una mayor activación en el hemisferio contralateral al oído estimulado (Menéndez-Colino, et al. 2004).

Asimismo, gracias a la resonancia magnética funcional, se han identificado zonas específicas para el procesamiento fonológico, siendo la región temporal superior izquierda y frontal inferior izquierda (área de Wernicke y Broca, respectivamente), junto con la corteza frontal inferior derecha, las que muestran una serie de respuestas a la comprensión del habla; su actividad se incrementa en cuanto la comprensión aumenta y decrece la misma cuando el habla se vuelve incomprensible (Poldrack, et al. 2001).

La actividad hemisférica para el procesamiento temporal auditivo se demuestra con la activación de distintos procesos. La decodificación auditiva discrimina diferencias acústicas mínimas del habla en el hemisferio izquierdo y su integración se da como respuesta a la comunicación interhemisférica para sintetizar la información, proceso que sucede en el cuerpo caloso y en fibras que conectan a los dos hemisferios (Maggiolo, et al. 2005).

Las regiones para percibir la voz se localizan bilateralmente a lo largo del surco temporal superior, mostrando una gran actividad neuronal cuando las personas escuchan estímulos verbales (Figura 11). Ésta región se involucra en los niveles de análisis complejos de la información acústica, como la voz y transmitir ésta información hacia otras áreas de integración multimodal y hacia la zona de la memoria de largo plazo. (Belin, et al., 2000).

La percepción del habla se realiza por medio de la interacción bilateral de un sistema neuronal en donde el hemisferio izquierdo desempeña un papel principal. En la corteza auditiva posterior izquierda se realiza, preferentemente, la identificación de cambios acústicos temporales rápidos, como la identificación de la voz. En particular, al plano temporal se le ha acuñado el término de “centro computacional” que sirve en la integración temporo-espectral de las señales con cambios rápidos, entre otras cosas, durante la percepción auditiva (Meyer, et al. 2005).

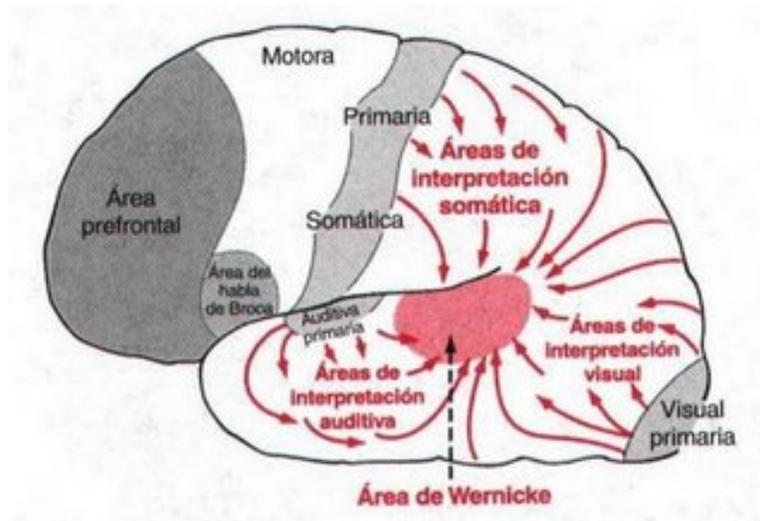


Fig. 11.- Área de la asociación auditiva.
En: <http://factoria-historias.blogspot.com/>

Zaehle y cols., (2004), estudiaron las bases neurales de la percepción acústica con cambios rápidos en sonidos verbales y no verbales. La hipótesis que se plantearon fue si los estímulos acústicos no verbales que requieren cambios rápidos para su procesamiento, desencadenarían una activación en regiones cerebrales que normalmente se involucran con la percepción fonética; ésta región cerebral se localiza en las zonas temporales del hemisferio izquierdo. Con la resonancia magnética funcional identificaron el área de mayor actividad ante estímulos con consonantes, vocales e intervalos y sus resultados señalan una activación exclusiva en el lado izquierdo de las áreas primarias y secundarias de la corteza auditiva, asociada con la percepción de la información temporal rápida tanto para los sonidos no verbales como para los estímulos del habla.

2.3 Desarrollo auditivo.

2.3.1 Perspectiva psicofisiológica del desarrollo auditivo.

Durante los primeros años de vida, el sistema auditivo se convierte en una estructura progresivamente compleja. Los cambios más pronunciados ocurren en

el útero, primero en el embrión y después en el feto, pero el desarrollo auditivo no cesa con el nacimiento. En el niño concurren diversos procesos de tipo mecánico que van a dar lugar a la estructura final. Existen diferencias evidentes entre el oído externo del niño y del adulto (entendiendo “niño” entre el nacimiento y los 12 años de edad y “adulto” entre los 12 años de edad en adelante, según Papalia y Wendkos, 1997) en cuanto a consecuencias funcionales. Por ejemplo, el canal auditivo infantil es de menor longitud, dando lugar a efectos desiguales de resonancia que se traducen en diferencias perceptivas de tonalidad: los niños, con relación a los adultos, perciben la tonalidad más aguda y manifiestan un sesgo en la localización del sonido debido a la mayor presencia de frecuencias altas. También los niños poseen una menor separación interaural que afecta la fiabilidad de la información que proporcionan las diferencias de tiempo de llegada, de intensidad, de fase y espectrales para la localización espacial del sonido. Los datos anatómicos sobre el oído medio demuestran que las dimensiones de los huesecillos alcanzan un parecido al de los adultos en el octavo mes de gestación. El tamaño del tímpano no es como el del adulto hasta el segundo año de vida; ello supone una pérdida de potencial de amplificación que, no obstante, se corrige gracias a las dimensiones similares de las bases de los estribos del adulto y del niño. El reflejo acústico o estapedial aparece durante las primeras semanas, aunque el neonato requiere mayor intensidad del estímulo auditivo para producirlo y, la menor longitud y diámetro de la trompa de Eustaquio del niño, aumenta el riesgo de infecciones, pudiendo provocar graves repercusiones.

Respecto al desarrollo neuroanatómico, hay evidencia en animales de que las conexiones neurales se incrementan en densidad tras el nacimiento. En humanos, la mielinización continúa después del nacimiento; la mielinización del nervio auditivo y del tronco encefálico se completa en torno a los 6 meses de edad, pero la de las vías que se dirigen hacia la corteza auditiva continúan hasta aproximadamente los 5 años de edad (Munar, et al. 2002).

Al nacer, el sistema auditivo se encuentra en un estado de inmadurez. Algunos aspectos de la audición, como la frecuencia y la resolución temporal, maduran a los 6 meses. Otros como la sensibilidad, la resolución de la intensidad y el procesamiento de sonidos complejos, continúan desarrollándose a través de

la infancia hasta la niñez. Por ejemplo, a los 6 meses de edad, los infantes presentan inmadurez para realizar algunas tareas como la detección de sonidos en un medio ruidoso, detección de los cambios de intensidad del sonido y discriminar entre tonos de baja frecuencia (Werner, 2002).

Generalmente el humano habla sus primeras palabras entre los 9 y los 12 meses de edad y lentamente adquiere alrededor de 50 palabras en los próximos 8 meses; las primeras vocalizaciones se llaman balbuceo y consisten en la repetición de sílabas simples. Entre los 2 y 6 años de edad, los niños aprenden alrededor de 8 palabras por día. Asimismo, se sabe que la percepción auditiva en los niños comienza a identificar sonidos verbales antes de que puedan comprender el significado (Sanes, 2000).

Conforme el desarrollo neurológico progresa, el niño va adquiriendo y reconociendo los estímulos auditivos, tanto el tipo de sonido como la fuente de donde provienen. Es importante hacer notar que los estímulos verbales, como la vocal "A", poseen ciertas cualidades intrínsecas que se diferencian de los sonidos no verbales y se entienden como tales (aunque las letras habladas son producciones de los sistemas respiratorio, fonatorio y articulatorio) porque, en su unidad distintiva mínima, el fonema, producen cambios semánticos. Así, se puede señalar que el fonema pertenece a la lengua, mientras que el sonido, al habla (Zañartu, 2003). En los humanos los umbrales auditivos maduran rápidamente durante los primeros 6 meses de vida y llegan a un estado adulto alrededor de los 2 años (Sanes, 2000).

2.3.2. Desarrollo auditivo, del lenguaje y del habla en lactantes, preescolares y escolares.

Como se ha mencionado, el desarrollo auditivo y el desarrollo del habla son un proceso gradual que depende, por una parte, de la maduración neurológica, concretamente del proceso de mielinización y, por la otra, del ambiente que estimule al niño.

El desarrollo auditivo comienza desde antes de nacer y concluye alrededor de los dos primeros años de vida, por eso se llama a éste momento "el período

crítico" en la evolución del lenguaje. El recién nacido posee un desarrollo completo en forma y función del oído interno. Desde el nacimiento, los niños poseen capacidades auditivas que permiten percibir tanto los estímulos verbales como los no verbales. Una de las habilidades para la adquisición del lenguaje es la de procesar y categorizar los cambios de los estímulos auditivos breves y rápidos que ocurren en milisegundos (Benasich, et al., 2001).

El funcionamiento típico o adecuado del oído consta al menos de cuatro funciones básicas:

1.- La comprensión del estímulo acústico, tanto verbal como no verbal, la cual es medida a través del umbral auditivo y depende básicamente de la integridad coclear.

2.- El tono del estímulo, en el cual la cóclea traduce en forma óptima sonidos de alta frecuencia en su base y progresivamente sonidos de baja frecuencia hacia su ápice y, siguiendo éste orden, las neuronas se especializan en frecuencias precisas a lo largo de toda la vía auditiva hasta llegar a la corteza auditiva.

3.- La localización, ya que el sistema nervioso central en la corteza auditiva secundaria, compara los tiempos de arribo de los sonidos y en forma binaural usa la información para determinar la fuente del sonido que percibe, el cual llega primero a un oído y en forma retardada al otro. Los humanos logran una precisión en la localización desde los cuatro meses de vida, ayudados por la integración visual. Este proceso de localización de sonidos, va madurando hasta los 2-3 años cuando el niño ya puede ubicar una fuente de sonido en todos los planos espaciales en forma precisa.

4.- La discriminación del lenguaje. Se ha encontrado que los infantes identifican sonidos del lenguaje desde los primeros meses de vida (Crandell, 1995), distinguiendo unos sonidos de otros. Con menos de tres días, un bebé está en capacidad de identificar la voz de su madre (Papalia, et al., 1997).

A partir de los dos años de edad, la estimulación externa a través de los sonidos comienza a dar madurez a la vía auditiva. El proceso de maduración auditiva y la plasticidad del sistema auditivo se desarrollan durante los primeros seis años de vida (Crandell, 1995).

En las figuras 12 y 13 se puede apreciar que las distintas frecuencias auditivas se identifican en diversas áreas cocleares. De acuerdo a que la maduración es progresiva, el reconocimiento de distintas frecuencias en diferentes zonas de la cóclea puede explicar cómo es que niños y adultos al escuchar lo mismo perciben cosas distintas. Para estímulos de alta frecuencia las amplitudes máximas de la onda sonora se identifican en la zona basal de la membrana basilar mientras que si la frecuencia es baja, se encuentran en la zona apical, es decir, la amplitud del movimiento en distintas regiones de la membrana basilar depende de la frecuencia.

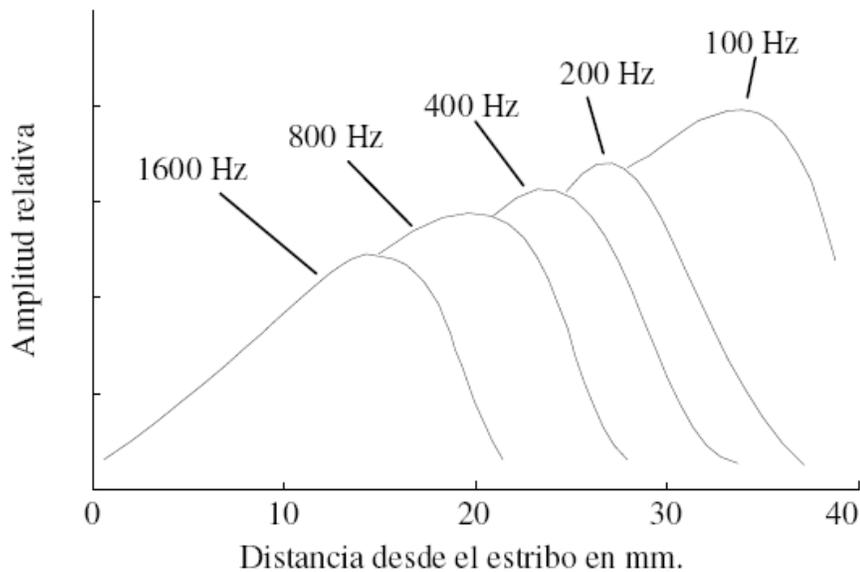


Fig. 12.- Amplitud del movimiento a lo largo de la membrana basilar para distintas frecuencias de estimulación con la misma intensidad.
Tomada de Milone D. (2003).

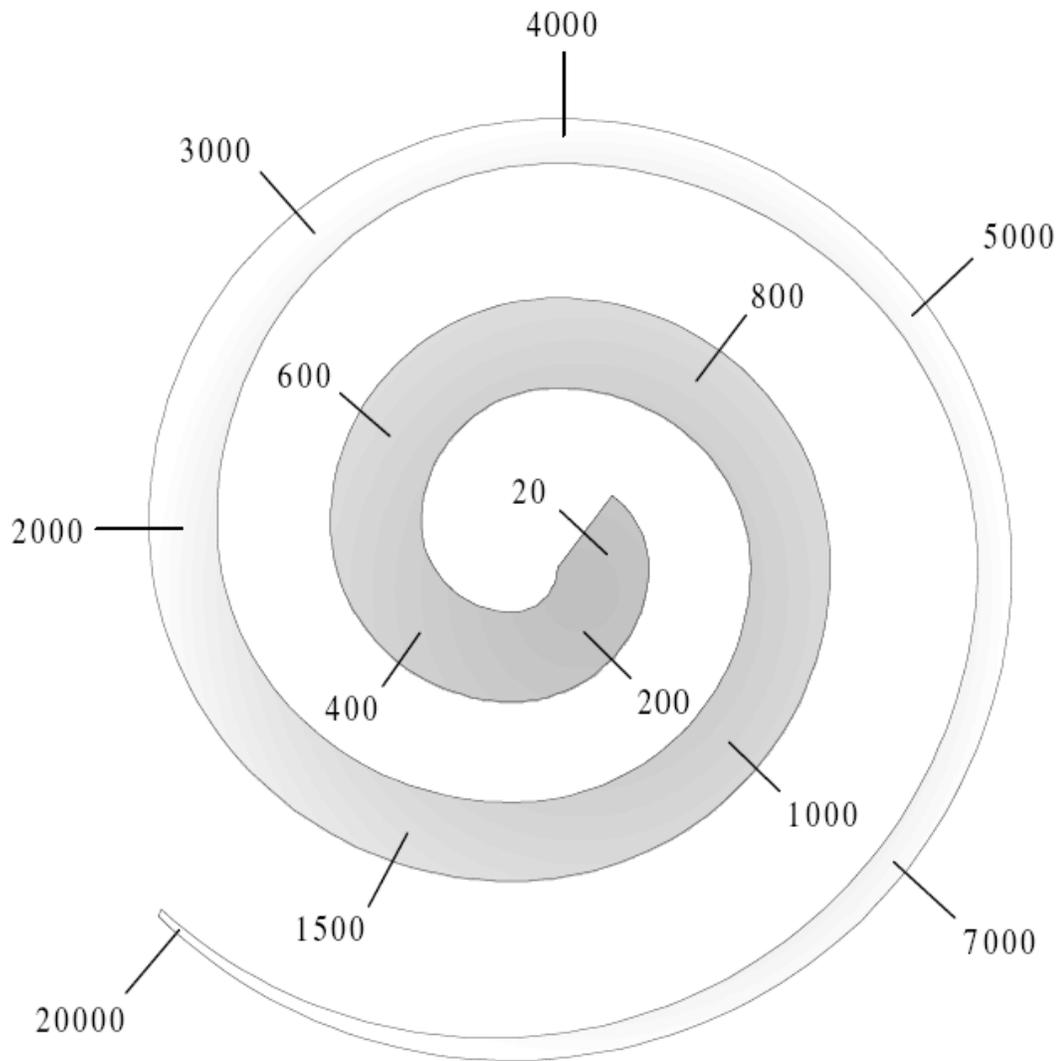


Fig. 13.-Se pueden observar las dos vueltas y media de la rama coclear y la asignación de las frecuencias percibidas (Hz) a cada región de la misma.
Tomada de: *Milone D. (2003).*

2.4. Procesamiento auditivo central.

El procesamiento auditivo central (PAC) es la función del sistema nervioso central para procesar, analizar, interpretar y usar la información sonora que recibe. El PAC requiere de una serie de propiedades como: localización y lateralización del sonido, discriminación auditiva, reconocimiento de patrones auditivos y de aspectos temporales de la audición (resolución, enmascaramiento, integración y orden temporal). Se postula que el PAC es esencial para la integración de la información auditiva, su construcción y transformación en representaciones auditivas correctas, coherentes y con significado. Por lo tanto, es importante para la percepción del habla y la comprensión del lenguaje. (Maggiolo, et al., 2005).

Las habilidades contempladas en el PAC son también necesarias para el aprendizaje simbólico lingüístico, pues permiten analizar, interpretar y utilizar la información auditiva eficientemente.

A continuación y por interés del presente trabajo, vamos a centrarnos en el procesamiento temporal auditivo (PTA), el cual es una de las propiedades del procesamiento auditivo central.

2.4.1. Procesamiento temporal auditivo (PTA).

El PTA es el procesamiento que reconoce los cambios de frecuencia e intensidad rápida de los sonidos verbales o no verbales en el tiempo. Los eventos de interés tienen duración de unos cientos de milisegundos y contienen información como la velocidad de la voz hablada y la velocidad de la prosodia (Werner, 2002). Otros autores indican que el PTA es la identificación del orden de la presentación de estímulos verbales y no verbales (Zenker y Barajas, 2003). Habib (2000), apunta que el PTA es un sistema de integración múltiple con el compromiso en la detección de estímulos con rápida sucesión temporal.

Dadas estas definiciones, Zatorre y Belin (2001), expresan que existe evidencia considerable acerca de la especialización cortical que está relacionada con el procesamiento auditivo rápido. Muchas fuentes de sonidos producen sólo

sonidos muy cortos y su ritmo de cambio con el tiempo es el parámetro más importante para su reconocimiento. Los sonidos que genera el ser humano, como el habla y la música, se caracterizan por cambios continuos. Las articulaciones del habla son lentas y para su discriminación, el análisis auditivo depende de una diferencia de 10 ms o menos. La diferencia entre una buena y una excelente técnica para ejecutar un instrumento musical, por ejemplo, se debe al orden de la discriminación temporal (Shubert, 1980).

Las teorías sobre el déficit del PTA asumen que no es la naturaleza específica del material lo que es importante sino el cómo se procesa en el cerebro. La teoría más prominente sobre el tema, llamada hipótesis del déficit en el procesamiento temporal rápido, argumenta que el trastorno específico del lenguaje es consecuencia de un déficit en el procesamiento corto y/o rápido de la información auditiva y/o para recordar la información auditiva de orden temporal (Tallal y Piercy, 1973, citados en Ziegler, et al. 2005).

De acuerdo con Correa, et al., (2006), para lograr una estimación temporal de los estímulos auditivos, por ejemplo, al utilizar la cualidad acústica de duración para determinar si es largo o corto, se requiere hacer un análisis cognitivo y éste emplea distintos procesos neurales tales como memoria y toma de decisiones.

2.4.2. PTA y el desarrollo del lenguaje oral y escrito.

Valdivieso y cols. (2006), señalan que el aprendizaje del lenguaje escrito es un proceso variable y se basa en distintos procesos cognitivos y psicolingüísticos que van desde el reconocimiento perceptivo visual y fonológico de las letras y fonemas hasta el reconocimiento de las palabras aprendidas, con cierto grado de velocidad, fluidez y comprensión. Por un lado, Foulin (2005), considera que el conocimiento de las letras permite establecer un puente desde la estrategia de claves visuales a las estrategias fonológicas en la decodificación inicial. Éste puente se puede establecer en la medida en que los niños hayan desarrollado una adecuada sensibilidad fonémica. Aplicando ambos procesos –visuales y fonológicos- se pueden establecer claves para iniciar el reconocimiento de palabras. Por otro, conocer las letras no es solamente un proceso perceptivo

visual de las diferencias gráficas, sino que implica una distinción fonémica entre ellas (Guardia, 2003).

Diversos estudios sobre el desarrollo de las habilidades de lectura y escritura coinciden en asignar un papel fundamental al componente fonológico. Específicamente éstos son los procesos que permiten activar información fonológica a partir de secuencias de letras durante la lectura (recodificación fonológica) y obtener representaciones gráficas a partir de secuencias de fonemas durante la escritura (codificación fonológica).

El procesamiento fonológico es un conjunto de procesos cognitivos relacionados al procesamiento de los sonidos del habla. En la percepción del habla, el procesamiento fonológico se relaciona con los rasgos acústicos del lenguaje, ambos en el nivel de fonemas simples y en el nivel de palabras completas. Los procesos fonológicos importantes para la lectura incluyen la segmentación fonológica (la explícita segmentación en fonemas de una palabra hablada), el código fonológico (el rastreo o mapeo de símbolos ortográficos de fonemas particulares) y la recuperación lexical (la recuperación fonológica de la palabra), (Poldrack, et al. 2001). Por lo tanto, la lectura requiere una serie de habilidades fonológicas que permiten establecer correspondencias entre grafemas y fonemas y con el tiempo necesita una automatización (Guzmán y cols. 2004).

Asimismo, se ha establecido que existe una conexión causal entre las habilidades fonológicas de los niños y su adquisición de la lectura (Richardson y cols. 2004). Por ejemplo, se ha demostrado que las tareas que demandan una conciencia fonológica explícita, como identificar el primer sonido de una palabra, combinar fonemas en la palabra o analizar los sonidos constituyentes en una palabra, se han postulado como los predictores más efectivos para el desarrollo de la lectura (Olofsson & Niedersoe, 1999).

Otros autores apoyan que el procesamiento automático de los estímulos auditivos es un prerrequisito para activar la percepción del habla que se verá directamente influenciada por la conciencia fonológica. El procesamiento fonológico es el más complejo nivel jerárquico en los procesos lingüísticos que directamente influyen sobre las habilidades de lectura y de deletreo (Schutle-Körne, et al. 1999).

Bravo, et al., (2006), realizaron un seguimiento de cuatro años a 277 niños desde los 6 hasta los 10 años de edad con una media final de 10.5 años. Fueron evaluados al iniciar el primer año básico con diversas pruebas psicolingüísticas predictivas y luego en la lectura a fines del primero y cuarto año escolar. Estudiaron la variación de la predictividad de la lectura en ambos cursos, mediante matriz de correlaciones. Los resultados indicaron que el conocimiento de las letras y la conciencia fonológica fueron los mejores predictores de la lectura del primer año y el conocimiento de las letras, de palabras escritas y de estructuras textuales predijo mejor la lectura al final del cuarto año escolar.

Investigaciones llevadas a cabo con niños que aprenden a leer en lenguas de ortografías más regulares que el inglés, han observado un alto desempeño en lectura de palabras mediante el uso de estrategias de recodificación fonológica. La tendencia a utilizar estrategias fonológicas en las ortografías transparentes se debe posiblemente a que, por una parte, la recodificación es fácilmente accesible porque resulta sencillo recuperar la forma fonológica de las palabras a partir del proceso de conversión grafema-fonema y por otra, la codificación de sonidos a letras da siempre lugar a escrituras fonológicamente aceptables (Signorini, et al. 2003).

La etiología y los mecanismos del trastorno específico del lenguaje (TEL) en niños se desconoce, pero se ha sugerido que las habilidades del procesamiento auditivo subyacen al déficit del lenguaje. Algunos estudios sugieren que ciertas neuropatologías, como la anomalía celular cortical, están implicadas en algunos trastornos que ocurren tempranamente en la vida y tales anomalías participan en el déficit del procesamiento rápido reportado en tal trastorno. Como hemos visto, una de las habilidades críticas para la adquisición del lenguaje es la de procesar y categorizarlos estímulos auditivos que ocurren en décimas de milisegundos. Se ha hipotetizado que las dificultades en el procesamiento de las señales auditivas cortas y rápidas pueden impedir o retardar la formación de éstas representaciones fonológicas conllevando a un retraso o alteración en la adquisición del lenguaje (Benasich y Tallal, 2002).

Paula Tallal y sus colegas fueron los primeros en la década de los 70 en sugerir una relación causal entre las dificultades lectoras, el déficit fonológico y los

trastornos en el PTA. El procesamiento corto y rápido sucesivo de los estímulos acústicos no lingüísticos en la infancia, predice un subsecuente desarrollo del lenguaje en aquellos niños que responden correctamente a los estímulos rápidos presentados, mientras que aquellos que pueden responder sólo a los estímulos lentos, están en mayor riesgo de desarrollar algún trastorno del lenguaje (Tallal, 2003). Los niños con el TEL tienen dificultades en el procesamiento de índices temporales de algunas decenas de milisegundos y un deterioro selectivo para diferenciar entre estímulos auditivos cuando la información es breve o cuando se dan en una sucesión rápida, pero ésta dificultad desaparece cuando el estímulo se presenta más lentamente (Tallal, et al. 1996, citado en Idiazábal-Aletxa y Saperas Rodríguez, 2008). Paula Tallal observó que en tareas que consistían en identificar el orden de dos estímulos de manera rápida, siendo visuales o auditivos y verbales o no verbales, el grupo de niños disléxicos (de 8 a 12 años de edad) fueron significativamente menos capaces que el grupo control cuando los intervalos inter-estímulos eran cortos (de 8 a 305 ms) pero no encontró diferencias cuando los intervalos inter-estímulos eran largos (428 ms), (Hood y Conlon, 2004), y en otro trabajo, presentó evidencia empírica como soporte de su teoría, reportando que los niños con dificultades lectoras eran inferiores que el grupo control para identificar dos tonos complejos cortos (75 ms) que fueron presentados con un intervalo inter-estímulo corto (40 ms) pero no mostraban tal dificultad con un intervalo inter-estímulo largo (500 ms). Así mismo, informó de una correlación significativa entre las habilidades del procesamiento temporal y las habilidades lectoras.

Cohen-Mimran y Sapir (2007), realizaron una investigación que apoya los resultados de Paula Tallal. Compararon 12 niños con un trastorno específico de la lectura (3 niñas y 9 niños entre 10 años y 7 meses y 13 años y 1 mes de edad) y 12 niños control (4 niñas y 8 niños entre 10 años y 3 meses y 12 años y 8 meses de edad) con la finalidad de detectar diferencias y similitudes en tonos puros de 1000 y 2000 Hz. Cuando éstas señales se presentaron aleatoriamente en pares con intervalos inter-estímulos cortos (50 ms) y largos (500 ms), los resultados mostraron que los niños con un trastorno específico de la lectura tenían una dificultad significativa para discriminar los tonos puros con el intervalo inter-

estímulo corto mas no con el largo mientras que el grupo control desempeñó bien su tarea en ambos intervalos inter-estímulos.

Agnew, et al., (2004), realizaron un estudio con 7 infantes (4 niños y 3 niñas con una media de edad de 8.07 años), quienes recibieron entrenamiento intensivo con estímulos auditivos y visuales donde el objetivo principal fue mejorar la habilidad para detectar e identificar los estímulos auditivos con cambios rápidos y mejorar las habilidades relacionadas con el lenguaje. La intervención consistió en la presentación de estímulos auditivos de consonantes y vocales con cambios rápidos que se extendían temporalmente en un 50% y por encima de 20 dB. Se diseñó un incremento en duración y volumen para mejorar los componentes temporales y facilitar la percepción del oyente. Las pruebas visuales consistían en la presentación de una cara sonriente y también fue modificada la duración del estímulo. Durante la intervención la velocidad de los estímulos auditivos iban regresando gradualmente a la velocidad del habla normal y al final del entrenamiento, la presentación del habla era normal en términos de velocidad. Después de 6 semanas, los resultados mostraron que los niños mejoraron aproximadamente dos años en medidas estandarizadas en la discriminación del habla y procesamiento del lenguaje. Sin embargo, para las tareas visuales no hubo resultados significativos.

Los umbrales de la integración temporal están correlacionados al grado del daño en la recepción del lenguaje en niños y éstas dificultades se vinculan, más tarde, a la decodificación fonológica para las habilidades de la lectura (Tallal, 1998). El desarrollo de un déficit que afecte la percepción del habla, incrementa el riesgo de los problemas relacionados con el lenguaje y la literatura, donde se ve vinculada la velocidad del procesamiento auditivo temporo-espectral (Tallal, 2004). Los problemas lingüísticos de los niños con TEL son una consecuencia de una serie de dificultades a un nivel cognitivo más profundo, entre las que se encuentra la hipótesis del PTA, según la cual los niños con TEL manifiestan dificultades para discriminar pares de sonidos o tonos lingüísticos y no lingüísticos presentados en sucesión rápida (Tallal, 2000, citado en Martínez, et al. 2003). Algunos autores como Richardson y cols. (2004), han citado los trabajos que Paula Tallal, entre otros, ha desarrollado sobre el PTA y la consecuencia que existe si se presenta un

déficit en tal habilidad, pues se ha argumentado que un déficit en el rápido procesamiento puede afectar la lectura debido a que la transición de información es crítica para la percepción de los fonemas y, la conciencia fonémica, es crítica para leer. Mientras que el análisis del habla o de los estímulos verbales requiere de la resolución temporal para procesar los cambios rápidos de las consonantes y las vocales, se puede argumentar que el proceso tonal (ordenar en una escala los sonidos que van de agudos a graves o viceversa) o los estímulos no verbales, en cambio, requieren de una resolución de frecuencia.

Estudios del PTA han señalado que para los efectos de la discriminación de sonidos, los estímulos acústicos son cruciales en la lateralización hemisférica, formando así, la base del lenguaje y la música. Las áreas auditivas del lado izquierdo son propensas a las transiciones acústicas cortas (50 ms) mientras que el lado derecho de las áreas auditivas, están preferentemente comprometidas a descomponer entradas de mayor duración (100 ms), (Reiterer, et al., 2004).

El vínculo entre el aprendizaje del lenguaje y la habilidad para procesar cambios de frecuencia acústicos rápidos, se puede comprender cuando se considera cómo los fonemas inicialmente se representan en el cerebro. Cada lengua tiene sus características fonéticas que se deben de aprender de acuerdo a la experiencia y se representan en distintos disparos neuronales en las áreas cerebrales responsables del procesamiento auditivo (Tallal, 2003).

La secuencia de eventos necesaria para llevar a cabo la lectura empieza desde la percepción visual de las letras, continúa con el reconocimiento de las palabras y con la posterior integración de éstas en oraciones e ideas, lo que requiere que las palabras leídas sean recordadas y por tanto almacenadas en un sistema de memoria temporal. Una de las evidencias experimentales acerca de los factores involucrados en el origen de los trastornos de la lectura, apunta a una deficiencia en las habilidades relacionadas con el procesamiento fonológico ya que involucra el análisis de la estructura sonora del habla a partir de fonemas y a la segmentación de palabras del lenguaje ordinario (Acevilla-Ramírez, et al., 2003).

El niño que comienza a leer debe desarrollar la conciencia fonológica para poder aprender el principio alfabético, es decir, la correspondencia grafema-

fonema. El aprendizaje de las reglas de correspondencia grafema-fonema es la habilidad básica para analizar los sonidos de las palabras. Una carencia o defecto en el procesamiento fonológico perturba la decodificación e impide, por tanto, la identificación de las palabras (López, 2007).

2.4.3. Procesamiento temporal auditivo y dislexia.

Habib (2000) analiza tres planteamientos con respecto al desarrollo de la dislexia. Es importante conocer sobre todo el tercero por su relación con el PTA en el presente trabajo.

1.- Los estudios neuropsicológicos proporcionan evidencia sobre el mecanismo principal en la segmentación y manipulación de los fonemas que conduce a las dificultades del aprendizaje de la lectura en los niños con dislexia.

2.- Otro factor para la dislexia sería la alteración en los mecanismos visuales.

3.- Una interpretación para la dislexia, es que se trata de un déficit de multisistemas quizá basado en una incapacidad del cerebro para realizar una tarea que requiere procesar los estímulos acústicos breves en la sucesión temporal rápida. Se propone que ésta teoría para el desarrollo de la dislexia llamada "alteración temporal del procesamiento" podría contribuir para al menos algunos de los síntomas motores perceptuales y cognoscitivos que suelen relacionarse con el trastorno del aprendizaje de la lectura, una coincidencia que hasta la fecha sigue sin aclararse.

Los elementos del sonido del habla, como la transición de formantes, son claves temporales que deben de ser procesados correctamente para percibir el habla y, una alteración en el procesamiento temporal auditivo, puede causar cambios en la articulación, en la escritura (Cayres, et al., 2004) y estar a la base de la dislexia (Farmer y Klein, 1995).

Por un lado, la sensibilidad para los sonidos del habla (fonemas) se desarrolla en la infancia y continúa formándose con la experiencia en el primer año de vida. Por otro, los individuos con dislexia están impedidos en un aspecto del procesamiento fonológico como la conciencia fonológica, que, como se ha

mencionado, es la capacidad para descomponer palabras e identificar la correspondencia entre grafemas-fonemas. La conciencia fonológica se desarrolla cuando el niño aprende a leer y requiere de éste proceso para hacer representaciones ortográficas ante la existencia de las representaciones del habla. La resonancia magnética funcional ha demostrado que los lectores normales presentan actividad en el área prefrontal izquierda en respuesta a los cambios rápidos de los estímulos auditivos, mientras que los lectores con dislexia no muestran actividad en dicha área cortical (Temple, et al., 2000). Asimismo, Richardson y cols. (2004), señalan que la dislexia se caracteriza por una debilidad en las representaciones fonológicas del habla. Se piensa que topográficamente las zonas neuronales entre personas disléxicas y no disléxicas son diferentes, tal como lo presentaron Galaburda y cols. (2006), cuando realizaron un estudio con 5 adultos fallecidos y que en vida fueron diagnosticados como disléxicos y un grupo control con 7 adultos no disléxicos. En las autopsias localizaron una distribución neuronal diferente, mostrando neuronas más chicas y menos largas en el núcleo geniculado medio del tálamo, así como la distribución de las células tanto en el lado derecho como en el izquierdo del mismo núcleo en los sujetos disléxicos.

En 1998, Schulte-Körne, et al., (1998), realizaron un estudio con el objetivo de determinar la relación entre la dislexia y el procesamiento auditivo central. Para examinar si el déficit en la percepción del habla de los 19 participantes disléxicos era pre-atencional y automático, se les pidió a los sujetos que concentraran la atención en una película en silencio. Los investigadores obtuvieron la MMN (o potencial de disparidad que corresponde a la respuesta eléctrica extraída del electroencefalograma que se produce frente a diversos cambios de las características del estímulo al presentarle al sujeto una secuencia de estímulos repetitivos de características similares (Carrasco, et al., 2008), al utilizar un estímulo auditivo verbal (las sílabas /da/ y /ba/) así como uno no verbal (tono puro); éste segundo estímulo se empleó como una condición de control para examinar si la disfunción de la percepción auditiva central es específica del estímulo del habla. El análisis del tono no reveló un efecto significativo mientras que el análisis del estímulo verbal mostró un efecto importante porque los participantes con dislexia no presentaron una respuesta menor en el potencial de

disparidad o MMN. El déficit en la percepción del habla, especialmente en la diferenciación de las sílabas /da/ y /ba/ ha demostrado una relación con el déficit de lectura y de ortografía. Éste proceso cognitivo puede estar influenciado por el nivel de atención, motivación y por el desempeño de la lectura. Sin embargo, aún no es claro si el déficit en la percepción del habla subyace a la dislexia o es un efecto colateral.

2.4.4. Prueba del procesamiento temporal auditivo (TOT).

La prueba TOT (Prueba de Orden Temporal) evalúa el funcionamiento del PTA a través del número de respuestas correctas que los participantes obtengan al identificar las secuencias de estímulos auditivos que se les presentan. La prueba consiste en un estímulo verbal (vocal "A") y dos estímulos no verbales (sonido de trompeta y sonido puro) con dos cualidades cada uno: altura y duración. Para cada estímulo y cada cualidad hay 18 combinaciones posibles para formar secuencias de tres sonidos, las cuales se presentan al participante de manera monoaural por medio de unos audífonos que aíslan el ruido externo y, cuando el participante hubo escuchado el sonido, en una pantalla se exhiben cuatro posibles respuestas que representan dichas secuencias.

Para obtener y registrar las respuestas de los participantes, el TOT presenta dos modalidades posibles, una verbal y otra táctil. El modo verbal se emplea para que el participante diga al evaluador cuál fue el orden de la secuencia auditiva que escuchó y el modo táctil se utiliza para que el participante toque en la pantalla de la computadora una de las cuatro posibles respuestas que representan la secuencia auditiva que escuchó. Éste segundo modo de respuesta se diseñó en el TOT para que los participantes disléxicos no emplearan nada más una respuesta oral debido a que frecuentemente confunden alto/bajo y corto/largo.

De las cuatro posibles respuestas, el sujeto debe elegir sólo una que identifique la secuencia del sonido que escuchó y debe tocar la pantalla. Éstas respuestas se presentan en cuatro recuadros donde cada uno contiene en forma de barras la secuencia del estímulo que se presentó (largo o corto para el caso de

la cualidad duración (Fig. 14-A), y alto o bajo para el caso de la cualidad de altura (Fig.14-B).

La duración de la prueba puede variar dependiendo de la edad del participante y de su pronta ejecución, pero más o menos es de 105 minutos. (Lessar-Dostie, 2006).

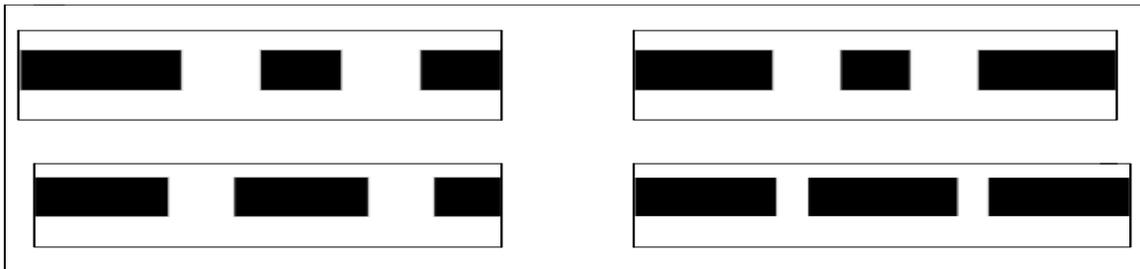


Fig. 14-A.- Representación visual de la secuencia del estímulo auditivo en la cualidad de duración.

Las barras más largas representan a los sonidos largos y, por el contrario, las barras cortas representan a los sonidos cortos.

Tomada de: *Lessard-Dostie (2006)*.

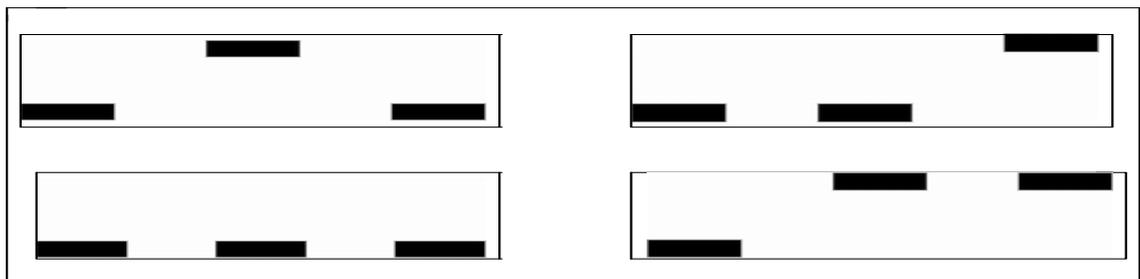


Fig. 14-B.- Representación visual de la secuencia del estímulo auditivo en la cualidad de altura.

Las barras inferiores representan al sonido grave y las barras superiores representan al sonido agudo.

Tomada de: *Lessard-Dostie (2006)*.

Lessard-Dostie (2006), realizó un estudio en Montreal, Canadá, utilizando la prueba TOT con 13 participantes francohablantes de 9 a 12 años de edad, con un nivel auditivo normal, cuyo objetivo fue evaluar, a través del número de respuestas correctas, la identificación de las secuencias de los estímulos verbales y no verbales en dos cualidades acústicas, la altura y la duración. Sus hipótesis fueron las siguientes:

1. Un número mayor de aciertos en los estímulos verbales a diferencia de los estímulos no verbales.
2. En relación a los estímulos no verbales, un número mayor de aciertos en relación a la cualidad de altura a diferencia de la duración.
3. No habría diferencias ante la presentación de los estímulos en un oído u otro.

En los resultados obtenidos (Fig. 15), se observan algunas diferencias en cuanto al número de aciertos de los participantes mas no sabemos si dichas diferencias son significativas o no. En el oído derecho y en la cualidad de altura, se puede observar que el mayor número de aciertos se da al identificar la secuencia de la trompeta, le sigue el tono puro y el menor número de aciertos se da al identificar la secuencia de la vocal. En cambio, en la cualidad de duración y en el mismo oído derecho, el reconocimiento de la secuencia de la vocal obtuvo el mayor número de aciertos, mientras que la trompeta y el tono puro puntaron por debajo de los 8 aciertos.

En los resultados del oído izquierdo tanto para la cualidad de altura y duración, la trompeta obtuvo el mayor número de aciertos, el tono puro un poco menos y la vocal obtuvo 7 aciertos.

Éste trabajo es parte de un proyecto de investigación a largo plazo que prueba la capacidad de los niños con dificultades lectoras. A través del análisis de los resultados se podrá comprender la interacción entre las dificultades del procesamiento temporal auditivo y las dificultades en la adquisición del lenguaje oral y escrito.

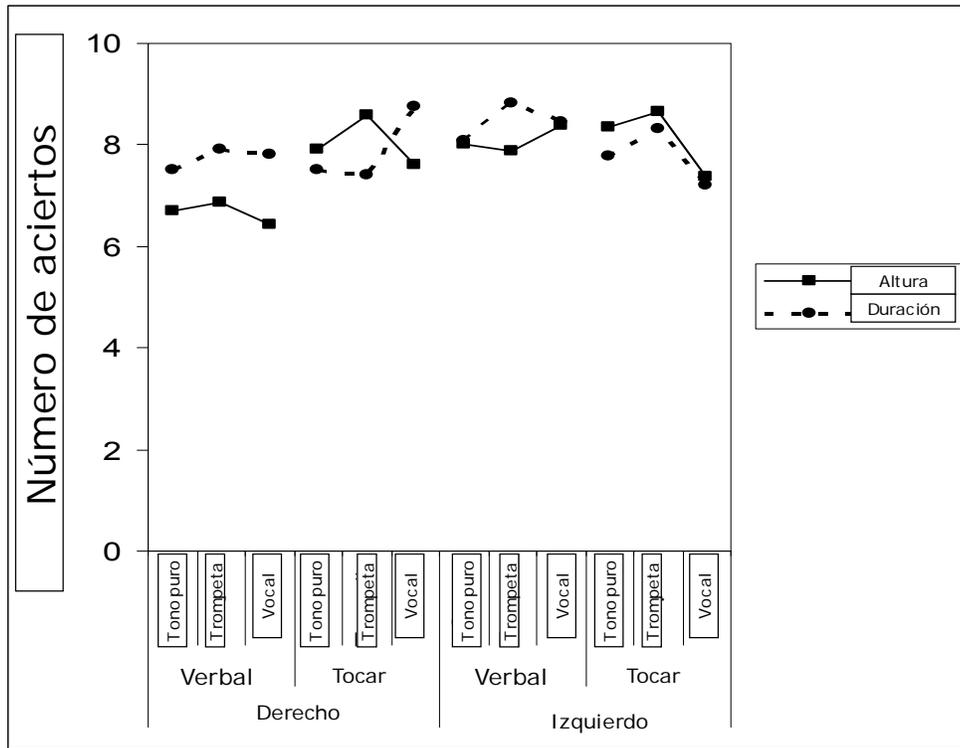


Figura 15.- Número de aciertos de los participantes a distintos estímulos auditivos y en diferente calidad del sonido.

Tomado de: *Lessard-Dostie (2006)*.

3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El procesamiento temporal auditivo permite identificar el orden de presentación de los estímulos auditivos, sean verbales o no verbales. Los hallazgos informados previamente señalan por una parte, la existencia de una relación entre el procesamiento temporal auditivo y el desarrollo del lenguaje oral y escrito y, por la otra, la posibilidad de que una alteración en el procesamiento temporal auditivo sea la base de la dislexia.

Ahora bien, los resultados de Lessar-Dostie (2006) en una población francohablante, apuntan hacia la existencia de cambios de maduración en este tipo de procesamiento entre los 9 y 12 años de edad. Sin embargo, no se ha encontrado información acerca del procesamiento temporal auditivo en población normal hispanohablante. Más aún, el efecto de la lengua y de la cultura sobre el desarrollo cognitivo ha sido ampliamente documentado por lo que es de esperarse que lo reportado para una cultura difiera para otra. De ser así, es relevante conocer los cambios madurativos en el procesamiento temporal auditivo en escolares mexicanos de 8 a 11 años, edades críticas en la consolidación de la lectura.

Lo anterior nos lleva a plantear las siguientes preguntas:

- En la ejecución de una tarea que implica procesamiento temporal auditivo, ¿existe un aumento en el número de aciertos ligado a la edad con relación tanto al tipo de estímulo auditivo (verbal o no verbal) como a sus cualidades acústicas de altura y duración? y,
- ¿el tiempo de reacción en cada ensayo para identificar los estímulos auditivos así como su cualidad acústica, es menor en los niños de mayor edad?

Si existen variaciones en el número de aciertos y en el tiempo de reacción ligadas a la edad, es de importancia indagar además, si éstas se relacionan con el tipo de estímulo o de su cualidad.

3.1. Hipótesis de investigación.

Hipótesis general:

A mayor edad de los participantes, mayor será el número de aciertos y menor el tiempo de reacción al identificar distintas secuencias de estímulos auditivos, sean verbales o no verbales. Un efecto similar se observará ante las cualidades de duración como de altura.

Hipótesis específica:

Estas diferencias serán evidentes entre el grupo de menor y mayor edad.

3.2. Objetivos de investigación

Objetivo general:

El objetivo del presente trabajo es conocer en una muestra de escolares hispanohablantes de 8 a 11 años el efecto de la edad en la identificación de secuencias de estímulos auditivos.

Objetivos específicos:

Determinar qué estímulo auditivo y en qué cualidad auditiva hay mayor sensibilidad a tales diferencias por edad.

4. MÉTODO

4.1. Criterios de inclusión.

- Audición normal (15 db. en 250, 500, 1000, 2000, 4000 y 8000 Hz.).
- Puntaje de CI igual o mayor a 90 (sub-escalas de vocabulario y cubos de la prueba WISC-IV).
- Diestros (Prueba de Lateralidad Manual, Annete).
- Provenientes de la misma escuela privada.

4.2. Criterios de no inclusión.

- Presentar antecedentes de enfermedades del SNC.

4.3. Criterios de exclusión.

- No completar la serie de pruebas programada.

4.4. Sujetos.

Grupo de estudio.

Se formaron cuatro grupos de edad (G1 = 8, G2 = 9, G3 = 10 y G4 = 11 años) y en total se evaluaron 88 participantes, todos diestros, normooyentes y de la misma escuela privada. Se seleccionaron aquellos que cumplían con los criterios de inclusión, por lo que 5 fueron eliminados debido a que obtuvieron un CI inferior a 90 (3 participantes del grupo de 9 años, 1 de 10 años y 1 de 11 años). Así, la muestra quedó conformada con 83 niños, con una edad media de 9.57 años y una desviación estándar de ± 9.1 . La media grupal del CI fue de 110.81 con una desviación estándar de ± 11.19 . Las características de cada grupo se pueden observar en la tabla 2.

Tabla 2.
Media y desviación estándar (DE) de edad y de CI de los cuatro grupos por género.

		Masculino	Femenino	Total
	n	7	7	14
G1	Edad	8.71 (.29)	8.54 (.29)	
	CI	106 (8.48)	100.81 (6.41)	
	n	7	11	18
G2	Edad	9.55 (.30)	9.49 (.36)	
	CI	114.14 (12.57)	105.45 (10.20)	
	n	21	20	41
G3	Edad	10.48 (.19)	10.47 (.24)	
	CI	116.43 (12.57)	112.90 (9.18)	
	n	7	3	10
G4	Edad	11.20 (.29)	11.36 (.34)	
	CI	112 (8.83)	101 (6.24)	
	n	42	41	83
Total	Edad	9.67 (.954)	9.46 (.869)	9.57 (.91)
	CI	113.57 (11.68)	107.98 (10.031)	110.81 (11.19)

4.5. Equipo y materiales.

4.5.1. Equipo para seleccionar la muestra.

- Audiómetro. La audiometría es una exploración de medida funcional de la audición y, en éste caso, se empleó un audiómetro Maico MA-41 con el que se determinó el nivel auditivo mínimo de los participantes (15 db. entre 250 y 8000 Hz.).
- Impedanciómetro. La impedanciometría es un método objetivo de medición de la función del mecanismo auditivo periférico (Grupo de acústica, 2003). Para determinar el reflejo acústico, se empleó un impedanciómetro Maico MI-42 y los participantes obtuvieron una calificación dentro de los límites de la normalidad (+200/-200 daPa).

4.5.2. Materiales para seleccionar la muestra.

- Escala Wechsler de inteligencia para Niños IV (WISC-IV, forma abreviada). Su aplicación es para niños de entre 6 años y 0 meses hasta los 16 años y

11 meses de edad. López, et al., (2003) explican que la forma abreviada se emplea cuando se necesita un instrumento discriminatorio de rápida aplicación, sobre todo con fines de investigación o de selección preliminar (Silverstein, 1990); con estos propósitos, las formas cortas son adecuadas y pertinentes ya que, al ser la inteligencia una variable en la investigación educativa o psicológica, generalmente no se necesita realizar una valoración exacta del CI individual, sino que más bien interesa proporcionar estimaciones globales.

En el presente trabajo se utilizó una sub-escala verbal (vocabulario) y una sub-escala de razonamiento perceptivo (diseño con cubos). La primera consta de 36 palabras y en su aplicación se le pide al participante que dé el significado de la palabra que se le lee en voz alta (¿qué es ____ o qué quiere decir ____?). Los reactivos se califican con 2, 1 ó 0 puntos tomando en cuenta la calidad de la respuesta. Se conceden dos puntos para buenos sinónimos, usos principales o clasificaciones generales, mientras un punto para las respuestas vagas, sinónimos menos pertinentes o usos menores. Ésta sub-escala mide la comprensión verbal, el manejo del lenguaje y la capacidad de aprendizaje verbal. La segunda sub-escala consta de 14 ítems y para su aplicación, el participante debe utilizar cubos blancos y rojos para armar un diseño idéntico al del dibujo que el evaluador le muestra. Los patrones se distribuyen en orden de dificultad creciente, se utilizan cuatro cubos para los diseños 1-8 y se emplean cinco cubos adicionales para los últimos diseños. Todos los reactivos tienen un tiempo de ejecución; del 1 al 4 es de 45 segundos, del 5 a 8 son 75 segundos y del reactivo 9 en adelante, 120 segundos. Para calificar, a los reactivos del 1 al 3 se le conceden 2, 1 ó 0 puntos, de 4 en adelante la puntuación máxima es de 4 puntos y 3 adicionales por bonificación de tiempo. Ésta sub-escala mide la coordinación visomotora, la percepción, la capacidad de análisis y síntesis, y el razonamiento (Sattler, 1996).

Para obtener la puntuación del CI total, primero las puntuaciones naturales resultantes de cada sub-prueba se convierten en puntuaciones normalizadas a través de las tablas por edad que se localizan en el

apéndice A del manual de aplicación del WISC-IV. Los valores estándar así obtenidos en cada sub-prueba se suman, se multiplican por tres y se le suman 40 puntos.

- Prueba de lateralidad manual de Annet. Se han empleado diversos métodos para medir la preferencia manual, entre los cuales, nosotros seleccionamos el Cuestionario de Lateralidad de Annet (1973), en el que se le pregunta al sujeto que exprese su preferencia manual para la realización de ciertas tareas. Estas expresiones son verbales y para confirmar su respuesta se le pide que simule la tarea. Para determinar la preferencia manual se obtiene un porcentaje total de los ensayos realizados.
- Antecedentes neurológicos. Con el fin de conocer el estado neurológico de nuestros participantes, a cada padre de familia se le entregó un cuestionario de antecedentes neurológicos (Anexo B), el cual consta de los datos del participante, de su desarrollo y si ha mostrado o no antecedentes patológicos.

4.5.3. Prueba de orden temporal (TOT).

El TOT es una prueba conductual que, como se ha mencionado, emplea estímulos auditivos verbales y no verbales con dos cualidades acústicas. Está inspirada en la prueba de patrón de duración y de altura (Musiek y Pinheiro, 1987). El objetivo de la prueba es evaluar el procesamiento temporal auditivo a través del número de respuestas correctas que el participante obtenga al identificar las secuencias de los estímulos auditivos presentados. Cada estímulo auditivo se presenta en secuencias de tres repeticiones, donde dos sonidos son idénticos y uno es diferente.

Los estímulos que se emplean en el TOT son 3:

- Sonido verbal complejo: vocal “A”,
- Sonido no verbal complejo: trompeta y,
- Sonido no verbal simple: tono puro.

4.5.4. Características de las cualidades acústicas.

Cada secuencia de tres estímulos auditivos se presentó en las dos cualidades acústicas mencionadas. La secuencia auditiva de los estímulos donde se empleó la altura (800 Hz para considerarse como un sonido bajo y 1122 Hz para considerarse como un sonido alto <A>) fue presentada 200 ms con un interestímulo de 300 ms. Hay seis combinaciones de secuencias: BBA, BAB, BAA, AAB, ABA, ABB y cada una de éstas tiene diez ensayos por lo que la combinación total de secuencias es de 60. Asimismo, para la secuencia auditiva de los estímulos que se presentaron con la cualidad acústica de duración (250 ms para considerarlos como corto <C> y 500 ms para considerarlos como largo <L>) se utilizó una frecuencia de 1000 Hz con un interestímulo de 300 ms cada una. Hay seis combinaciones de secuencias: CCL, CLC, CLL, LLC, LCL, LCC y cada una de éstas tiene seis ensayos por lo que la combinación total de secuencias es de 60.

En el Cuadro 1 se presentan las características de la altura y de la duración de cada estímulo utilizado y en las Figuras 16 y 17 se muestra la representación de las ondas sinusoidales de los estímulos empleados.

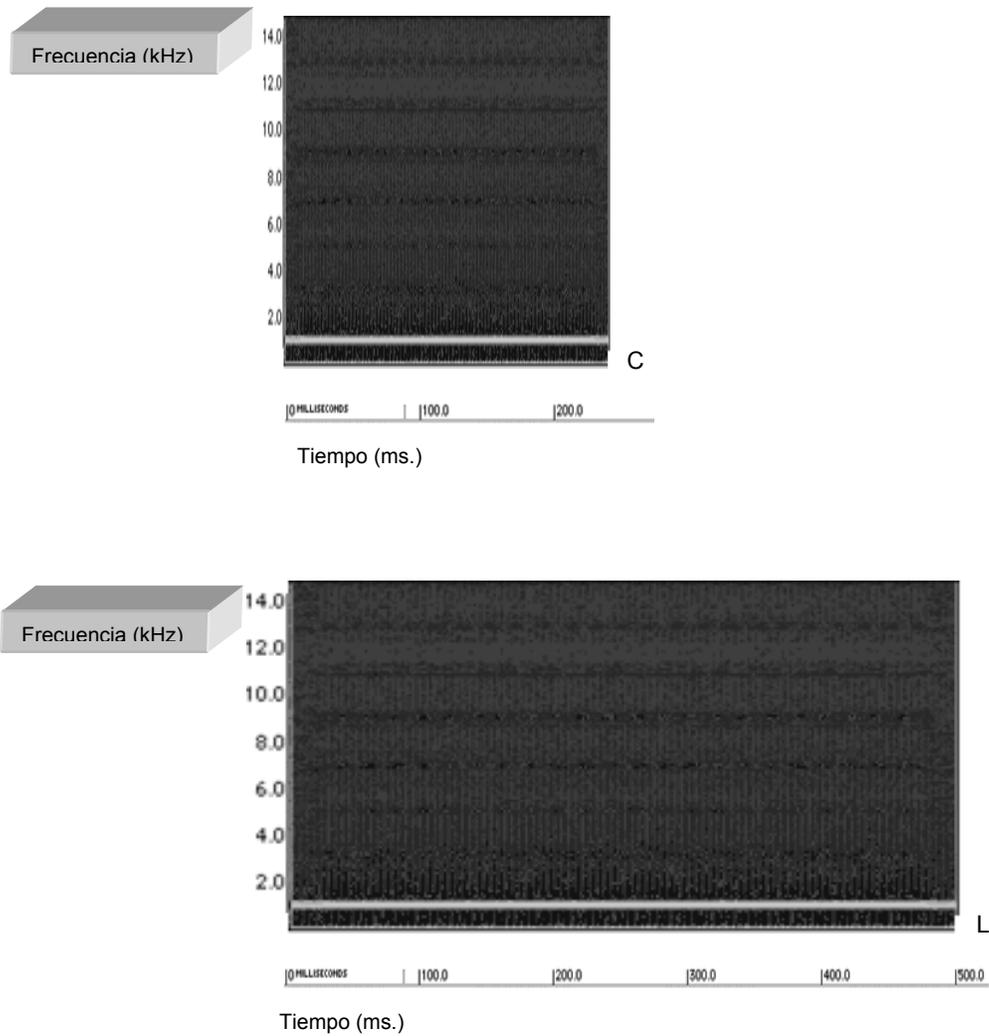


Figura 16.- Espectro de la onda sinusoidal a 200 ms. (C = corto) y 500 ms. (L = largo) para determinar la duración de los estímulos auditivos.

Tomado de: *Lessard-Dostie (2006)*.

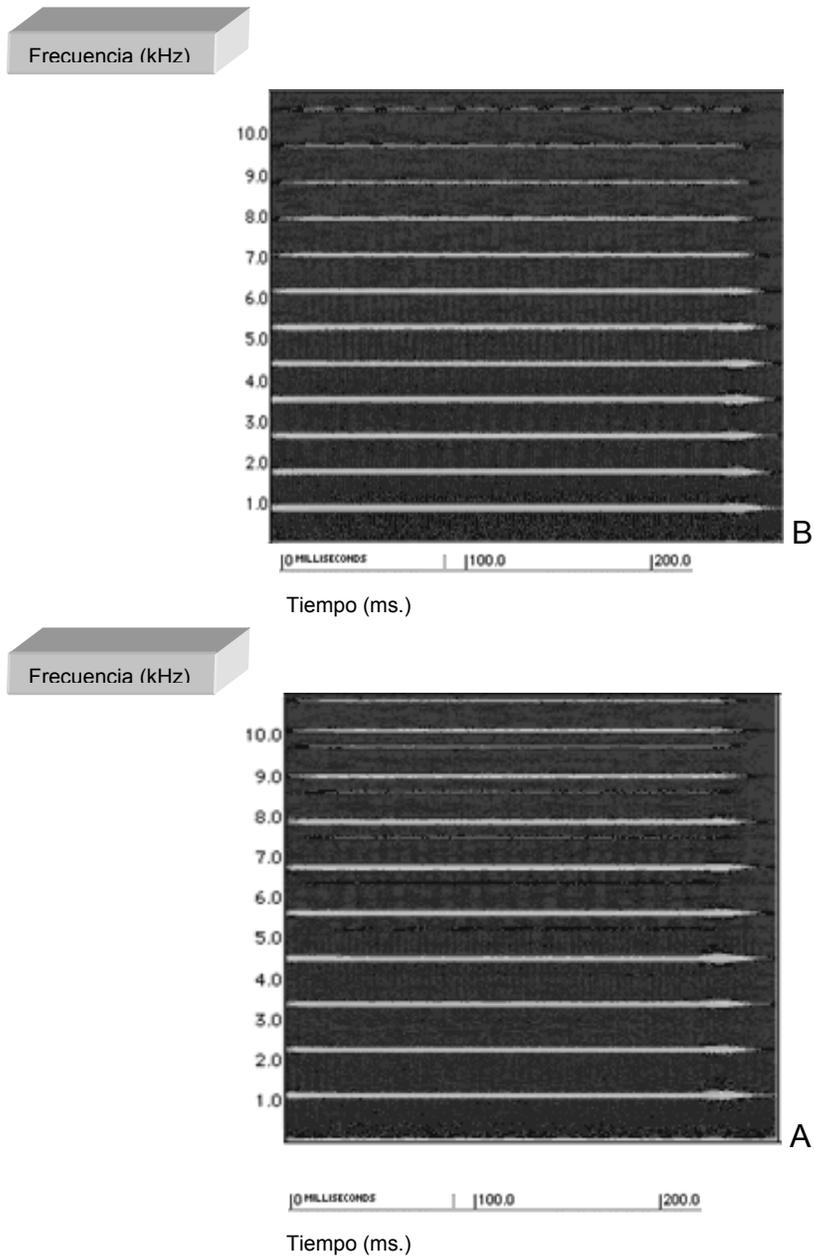


Figura 17.- Espectro de la onda sinusoidal a 880 Hz (B = bajo) y 1100 Hz (A = alto) para determinar la altura de los estímulos auditivos. Tomado de: *Lessard-Dostie (2006)*.

4.5.5. Secuencias auditivas.

Se emplearon las 18 secuencias auditivas programadas en el TOT para la prueba de patrones de duración, seis con la vocal “A”, seis con la trompeta y seis con el tono. De igual manera, se emplearon las 18 secuencias auditivas del TOT para la prueba de patrones de altura, seis con la vocal “A”, seis con la trompeta y seis con el tono.

La figura 18 presenta dos ejemplos de secuencias.

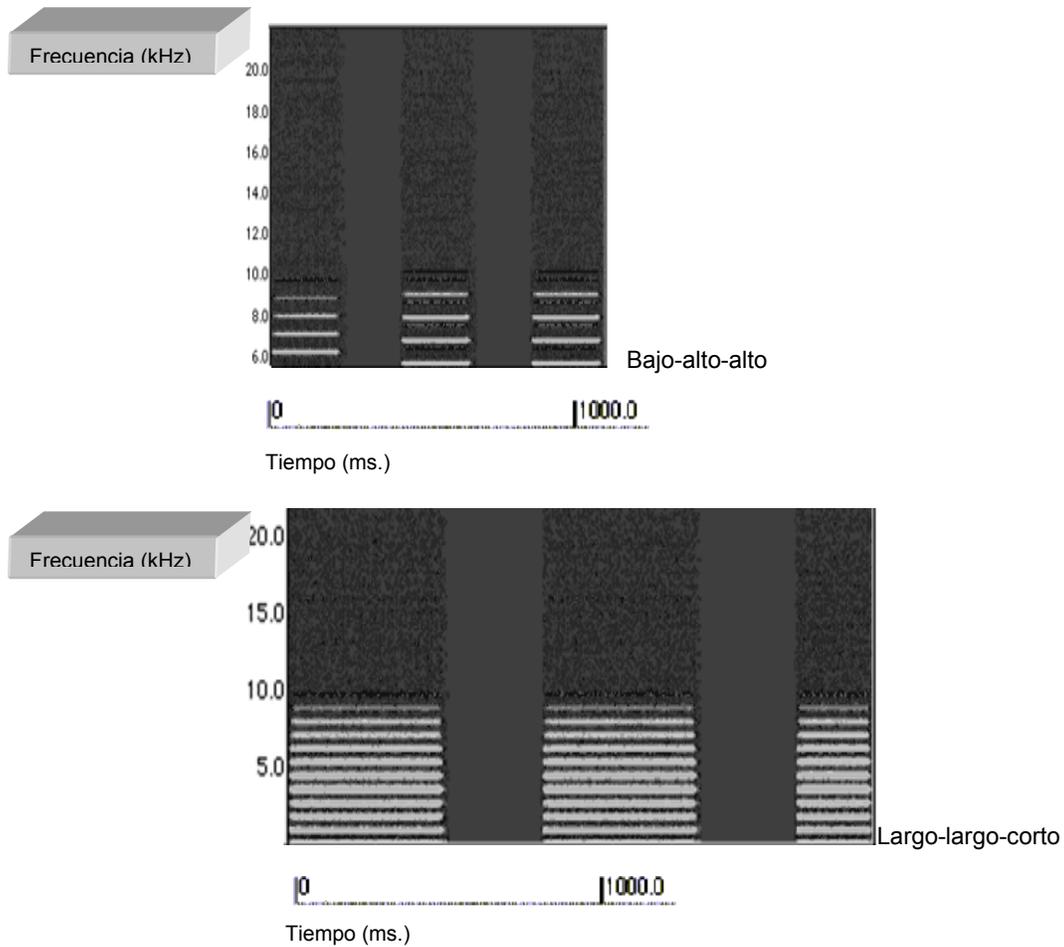


Figura 18.- Espectro de la secuencia « B-A-A » y del espectro de la secuencia « L-L-C » con el sonido de la trompeta.

Tomado de: *Lessard-Dostie (2006)*.

4.5.6. Respuesta conductual.

Como se ha mencionado, el TOT ofrece dos modos de respuesta, una verbal y otra táctil. En el trabajo presente obtuvimos las respuestas de los participantes a través de ésta segunda vía.

4.5.7. Aplicación del TOT.

Después de conocer el umbral auditivo de cada participante, a través de la audiometría y la impedanciometría, la prueba TOT se aplicó por medio de una computadora Syntax Green-500 donde la salida de los estímulos auditivos se conectó a un audiómetro Maico MA-41 para transmitirlos al participante en una sola frecuencia (1000 Hz.) a 60 dB por medio de unos audífonos Maico. La prueba se aplicó en una sola sesión aproximada de 105 minutos, incluyendo un descanso de 15 minutos. El desarrollo se efectuó a través de tres fases: la familiarización, las pruebas prácticas y las pruebas experimentales.

La instrucción impartida a los participantes fue la siguiente:

“Vas a escuchar una secuencia de tres sonidos en el oído derecho o izquierdo. Esos tres sonidos serán altos y bajos o largos y cortos. Los sonidos que vas a escuchar pueden ser la vocal “A”, un sonido de trompeta o un beep. Presionando la pantalla me dirás la imagen que crees corresponde a la secuencia de los tres sonidos que escuchaste. Pon mucha atención porque en cuanto respondas se escuchará una nueva secuencia de sonidos que no puedo repetir. Primero vas a hacer algunos ensayos de práctica para que comprendas mejor lo que debes hacer. Cuando estés listo, puedes comenzar”.

Cuando el participante entiende el procedimiento, comienza la prueba.

4.5.8. Familiarización.

El objetivo de la familiarización es que el participante conozca el procedimiento que va a realizar en las pruebas experimentales. En ésta fase escuchó y conoció

cada estímulo auditivo en ambas cualidades acústicas así como el modo de responder al identificar las secuencias de estímulos presentados.

Para iniciar se programó aleatoriamente la secuencia de un estímulo auditivo en una cualidad acústica determinada. En cada familiarización se emplearon 15 ensayos y, en cada uno de ellos, el participante escuchó la secuencia de estímulos. Mientras se escuchaba una secuencia de estímulos, la pantalla de la computadora permanecía en blanco y cuando el sonido terminaba, aparecía en la misma cuatro posibles respuestas en recuadros que contenían la respuesta correcta y tres distractores, los cuales son seleccionados al azar por la computadora. Cada vez que el participante identificaba y contestaba correctamente la secuencia presentada, continuaba con otro ensayo y si llegaba a equivocarse, se le repetía la misma secuencia hasta que lograba obtener la respuesta correcta. Mientras el participante se decidía por una u otra respuesta, las cuatro posibles respuestas permanecían en la pantalla.

La Figura 12-A representa un ejemplo de respuestas donde el participante debía de identificar la secuencia escuchada para el patrón de duración, mientras que la Figura 12-B ilustra un ejemplo para el patrón de altura.

4.5.9. Pruebas prácticas.

Cuando se finalizó cada fase de familiarización, en la computadora se programaron los parámetros de prueba (duración o altura), el modo de respuesta (táctil), el tipo de estímulo (vocal “A”, trompeta o tono puro) y el oído donde se presentó el estímulo (derecho o izquierdo) (Fig. 19), para continuar con las pruebas prácticas. El objetivo de ésta segunda fase es confirmar que el participante se ha familiarizado con los estímulos auditivos, con la forma de identificar su cualidad acústica y cómo responder en la pantalla de la computadora. Para ello, el participante identificó correctamente tres de cinco secuencias auditivas y, al concluir las mismas, comenzó con las pruebas experimentales. Cuando algún participante no identificó correctamente al menos tres secuencias auditivas, se reprogramaba la fase de familiarización con el fin de que comprendiera mejor la tarea. Al finalizar ésta segunda familiarización se

repetían los cinco ensayos prácticos y cuando el participante no identificaba al menos tres secuencias auditivas, se suspendía esa tarea y se iniciaba con la familiarización de otro estímulo auditivo y otra cualidad acústica.

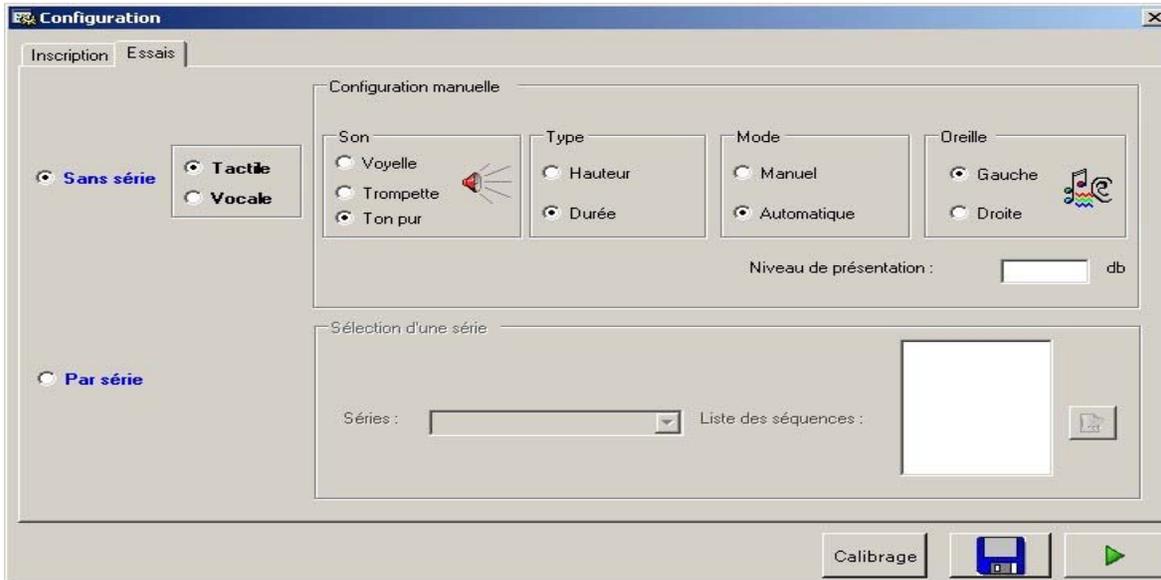


Fig. 19.- Configuración de la presentación del tipo de estímulo auditivo y la cualidad acústica del mismo. Se puede observar que en éste ejemplo se programó la respuesta táctil para el estímulo del tono puro en la cualidad de duración y presentado en el oído izquierdo.

Tomado de: *Lessard-Dostie (2006)*.

4.5.10 Ensayos experimentales.

Cuando se terminaba con las fases anteriores, se completaba el formulario de registro con los datos del participante (código, nombre, apellido, fecha de nacimiento, nivel escolar, dominancia manual, género y si usa o no lentes) (Fig. 20). El objetivo de los ensayos experimentales es registrar el número de respuestas correctas cuando el participante identifica la secuencia del estímulo auditivo en una cualidad acústica determinada así como obtener los tiempos de reacción. Esta fase consta de diez ensayos aleatorios, donde el puntaje mínimo a obtener es cero y el máximo es diez. En el Cuadro 2 se presenta un ejemplo de los ensayos.

The screenshot shows a software window titled "Configuration" with two tabs: "Inscription" (selected) and "Essais".

Informations personnelles

- Code patient : [] [+] [🔍] [📄]
- Nom : []
- Prénom : []
- Date de naissance : 24 janvier 2006 [📅]
- Âge : 0 an
- Niveau scolaire : []
- Dominance manuelle : Droite [▾]
- Sexe : Masculin [▾]
- Le sujet porte des lentilles cornéennes ou des lunettes : Non Oui

Seuil d'audition

Fréquence	Oreille gauche	Oreille droite
250	[]	[]
500	[]	[]
1000	[]	[]
2000	[]	[]
4000	[]	[]
8000	[]	[]

Description

[] [🗨️]

Buttons at the bottom: Calibrage, [💾], [▶]

Fig. 20.- Formulario de registro del participante
Tomado de: *Lessard-Dostie (2006)*.

Cuadro 1.

Combinaciones posibles por estímulo y cualidad acústica.

Ítems de la prueba TOT					
PATRÓN	ESTÍMULO	RESPUESTA	OÍDO		
<u>Altura</u>	Sonido puro	Tocar	Izquierdo		
			Derecho		
		Verbal	Izquierdo		
			Derecho		
		Trompeta	Tocar	Izquierdo	
				Derecho	
	Vocal "A"	Tocar		Izquierdo	
				Derecho	
		Verbal		Izquierdo	
				Derecho	
		<u>Duración</u>	Sonido puro	Tocar	Izquierdo
					Derecho
Verbal	Izquierdo				
	Derecho				
Trompeta	Tocar			Izquierdo	
				Derecho	
Vocal "A"	Tocar			Izquierdo	
				Derecho	
	Verbal			Izquierdo	
				Derecho	

4.6. Procedimiento.

Como se observa en el diagrama (Figura 4.8), se contactó al director de la escuela primaria para informarle el propósito de nuestra investigación y contar con su aprobación para llevarla a cabo. Al ser favorable su respuesta, se envió a los padres de familia una carta de consentimiento (Anexo A), donde se explica brevemente el método del presente trabajo. Los padres de familia que estuvieron de acuerdo con la investigación, nos entregaron firmada la carta de consentimiento informado.

Para llevar a cabo las evaluaciones, se contactó por teléfono a quién autorizó la participación de su hijo en nuestro estudio. Las citas se programaron por las mañanas y en una sola sesión. Hubo dos evaluadores previamente entrenados para la aplicación de pruebas y cada niño trabajaba con un sólo evaluador. Al llegar el padre o la madre a la cita, se le entregaba el cuestionario neurológico (Anexo B) para que lo contestara mientras el evaluador se encontraba con su hijo trabajando.

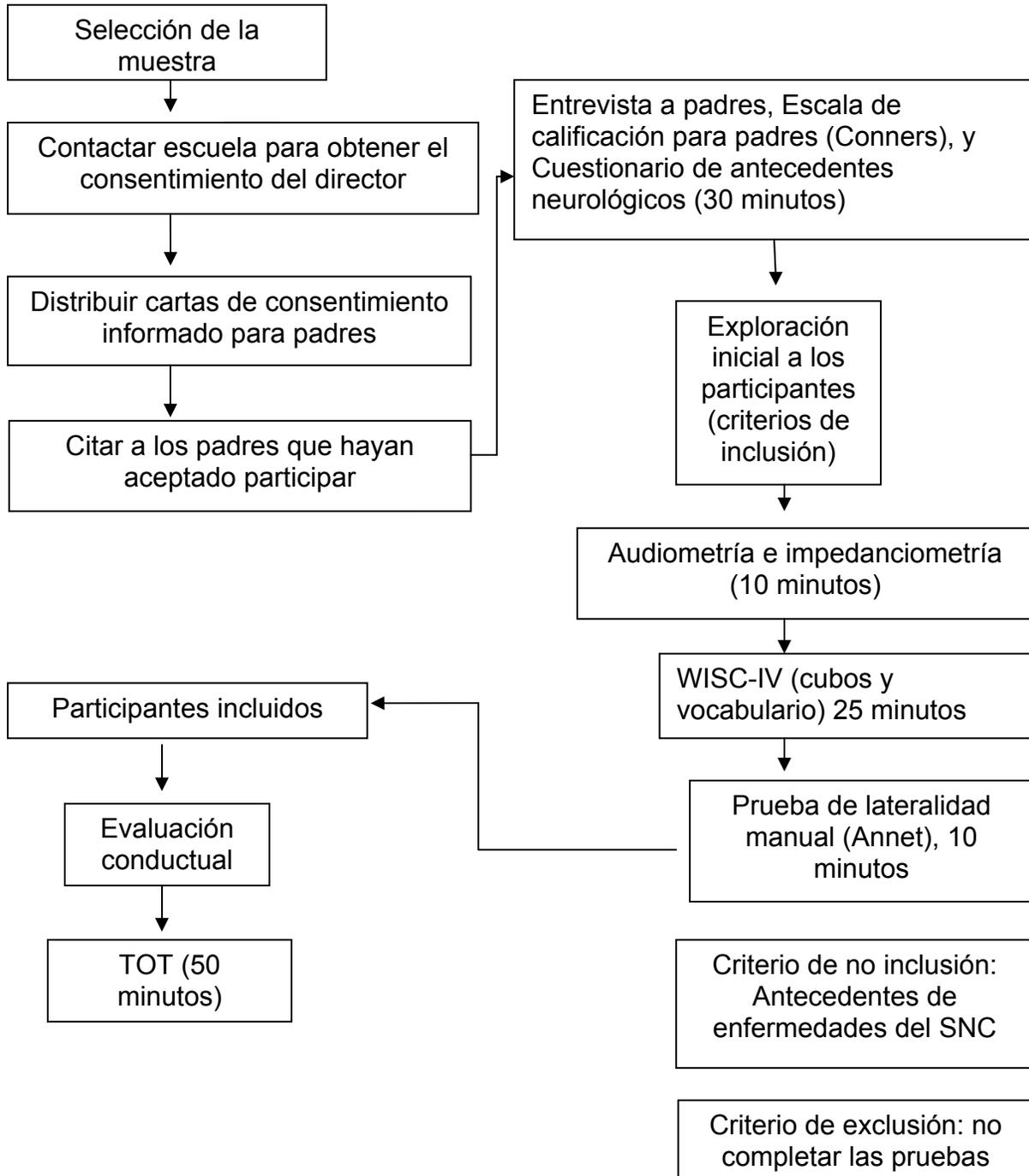
Cada sesión inició con una audiometría y una impedanciometría (Anexo C). Posteriormente se aplicaron las dos sub-escalas del WISC-IV (Anexo D y E), la prueba de Annet para determinar la preferencia manual (Anexo F) y la prueba TOT para la evaluación conductual (Anexo G). La prueba de lectura y la de denominación forman parte de otros protocolos de investigación por lo que los resultados obtenidos en ellas no se reportan en este estudio.

4.7. Consideraciones éticas.

El presente estudio no puso en riesgo la integridad física y emocional de los participantes, ya que se utilizaron procedimientos no invasivos. Se explicó a los padres de los niños la importancia y objetivos del presente estudio, así como el procedimiento. Se les solicitó firmar el consentimiento informado respetando su voluntad sin procedimientos coercitivos.

Cabe mencionar que los procedimientos propuestos en la presente investigación se encuentran de acuerdo con las normas éticas de la Declaración de Helsinki de 1975 y sus enmiendas. Este proyecto fue evaluado y aprobado el día 23 de febrero de 2007 por el Comité de Ética del Instituto de Neurociencias de la Universidad de Guadalajara (Anexo H).

4.8. Ruta crítica.



5. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

El presente estudio es de tipo transversal. Con el fin de conocer la distribución de los participantes en cada grupo, se empleó la prueba de normalidad Kolmogorov-Smirnov. Dado que los datos arrojados muestran que la distribución es significativamente distinta para cada grupo de edad y para cada parámetro estudiado se decidió emplear pruebas no paramétricas.

Se contrastaron las respuestas correctas y los tiempos de reacción de los cuatro grupos de edad utilizando la prueba Kruskal-Wallis ($p < 0.001$). Para ubicar las diferencias intergrupales se utilizó la U de Mann-Whitney, estableciendo la significancia de 0.008 de acuerdo con el nivel de Bonferroni.

Finalmente, realizamos un análisis intragrupal con la prueba Wilcoxon ($p < 0.001$) para conocer los puntajes en cada variable analizada.

Los análisis de los datos se realizaron utilizando el programa SPSS versiones 11.5 y 15.0.

5.1. Variables.

Variables dependientes.- En total son doce variables dependientes, 6 relacionadas con el número de respuestas correctas y 6 con el tiempo de reacción al identificar las secuencias auditivas de los tres estímulos empleados en las dos cualidades acústicas. El número máximo de aciertos para cada tarea es 10.

Tabla 3.
Esquematización de las variables dependientes.

Cualidad		Estimulo auditivo		
		Vocal	Trompera	Tono puro
Atura	Aciertos	X	X	X
	Tiempo de reacción	X	X	X
Duración	Aciertos	X	X	X
	Tiempo de reacción	X	X	X

Variable independiente.- Edad.

6. RESULTADOS

- **Efecto de la edad en el número de respuestas correctas y los tiempos de reacción.**

Como puede observarse en la Tabla 4, se encontró un efecto significativo de la edad en el número de aciertos; de manera general, a mayor edad la media de respuestas correctas es mayor en las variables analizadas.

En la Tabla 5 se muestran los tiempos de reacción (TR), los cuales tienden a ser menores en los grupos de mayor edad sin llegar a observarse un efecto significativo de ésta. Sólo en la variable trompeta/duración éste efecto es evidente.

Asimismo, tanto la media como los errores estándar de las respuestas correctas y los tiempos de reacción se presentan gráficamente en las figuras 21-22 y 23-24, respectivamente.

Tabla 4.-
Media y desviación estándar (DE) de las respuestas correctas por grupo de edad.

		Edad en años				Efecto de la edad			
		8	9	10	11	Kw	p		
Altura	Vocal	4.00 (1.00)	6.80 (1.93)	6.50 (2.42)	7.44 (2.45)	16.55	.001		
	Trompeta	7.17 (2.13)	7.94 (2.48)	7.97 (1.64)	9.10 (1.10)			19.12	.001
	Tono puro	6.20 (1.48)	7.29 (2.59)	7.19 (2.10)	8.70 (1.56)				
Duración	Vocal	6.6 (2.11)	7.86 (1.09)	7.22 (1.86)	8.30 (2.40)	13.20	.004		
	Trompeta	6.00 (1.87)	7.07 (2.23)	6.71 (2.02)	7.80 (2.44)			16.71	.001
	Tono puro	6.20 (1.92)	6.75 (1.23)	6.62 (2.12)	7.33 (2.34)				

* $p < 0.001$

Tabla 5.-
Media y desviación estándar (DE) de los tiempos de reacción de las respuestas correctas por grupo de edad.

		Edad en años				Efecto de la edad	
		8	9	10	11	Kw	<i>p</i>
Altura	Vocal	5738.0 (1191.36)	5135.91 (2561.66)	4867.63 (1413.99)	4426.25 (1643.16)	2.925	.417
	Trompeta	5413.50 (1635.63)	4655.11 (1972.41)	4413.61 (1154.11)	3844.72 (600.58)	4.136	.247
	Tono puro	4778.18 (937.77)	4694.91 (1393.86)	4629.51 (1265.22)	4823.95 (1530.29)	.235	.973
Duración	Vocal	4627.86 (2777.58)	3722.27 (829.19)	4335.19 (1831.27)	2894.93 (1018.45)	6.789	.080
	Trompeta	6058.08 (974.51)	4401.26 (1783.25)	4292.87 (1499.58)	3384.10 (891.33)	11.064	.001*
	Tono puro	5822.15 (1909.51)	4185.59 (1564.99)	4493.82 (1917.12)	3777.93 (1282.39)	5.341	.150

* $p < 0.001$

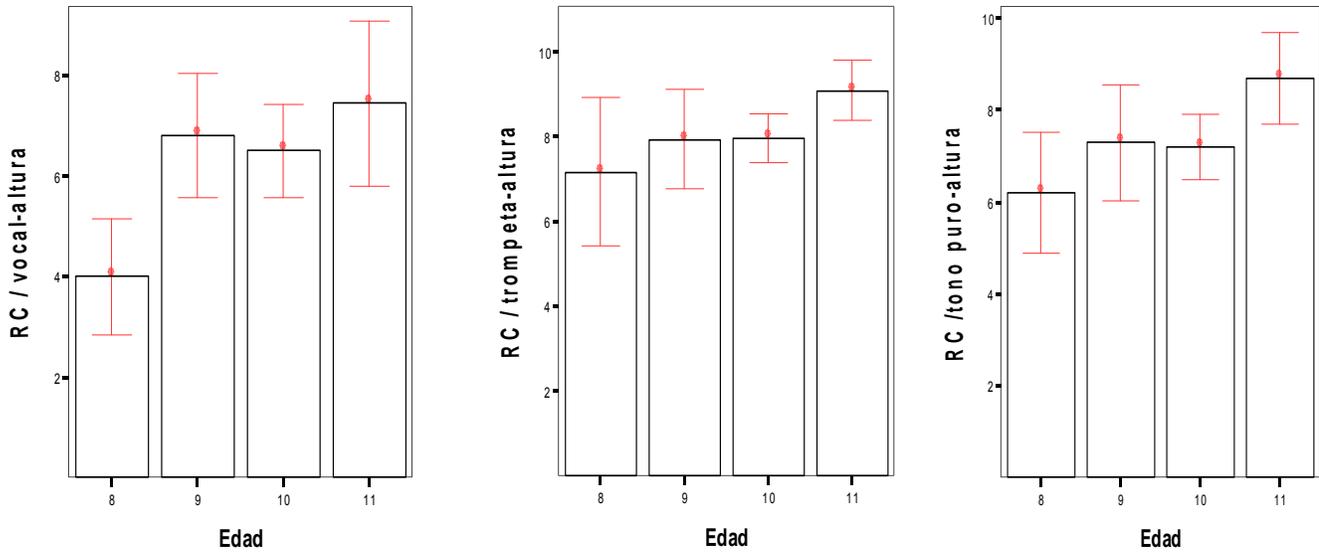


Fig. 21.- Medias y errores estándar ($\pm 2EE$) de las respuestas correctas (RC) por variable analizada en la cualidad de altura por grupo de edad.

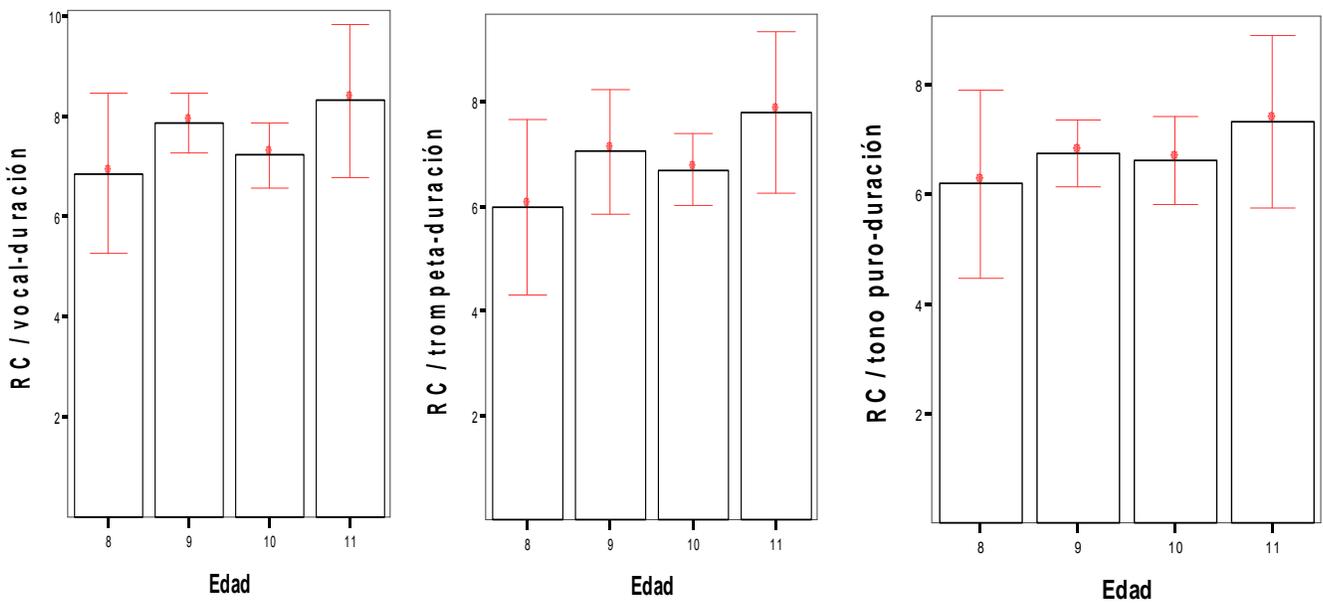


Fig. 22.- Media y errores estándar ($\pm 2EE$) de las respuestas correctas (RC) por variable analizada en la cualidad de duración por grupo de edad.

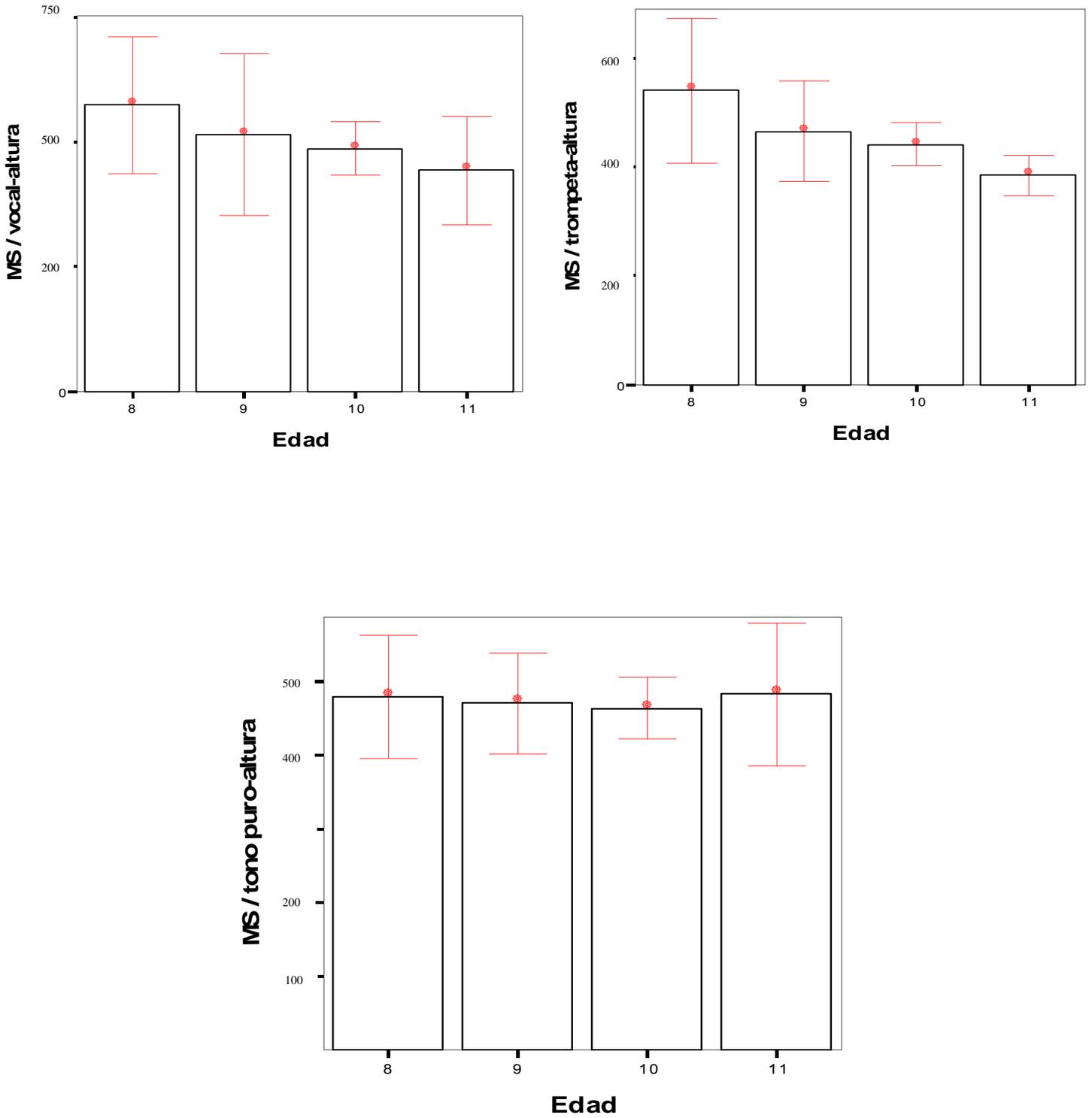


Fig.23.- Media y errores estándar ($\pm 2EE$) de los tiempos de reacción por variable analizada de las respuestas correctas en la cualidad de altura por grupo de edad.

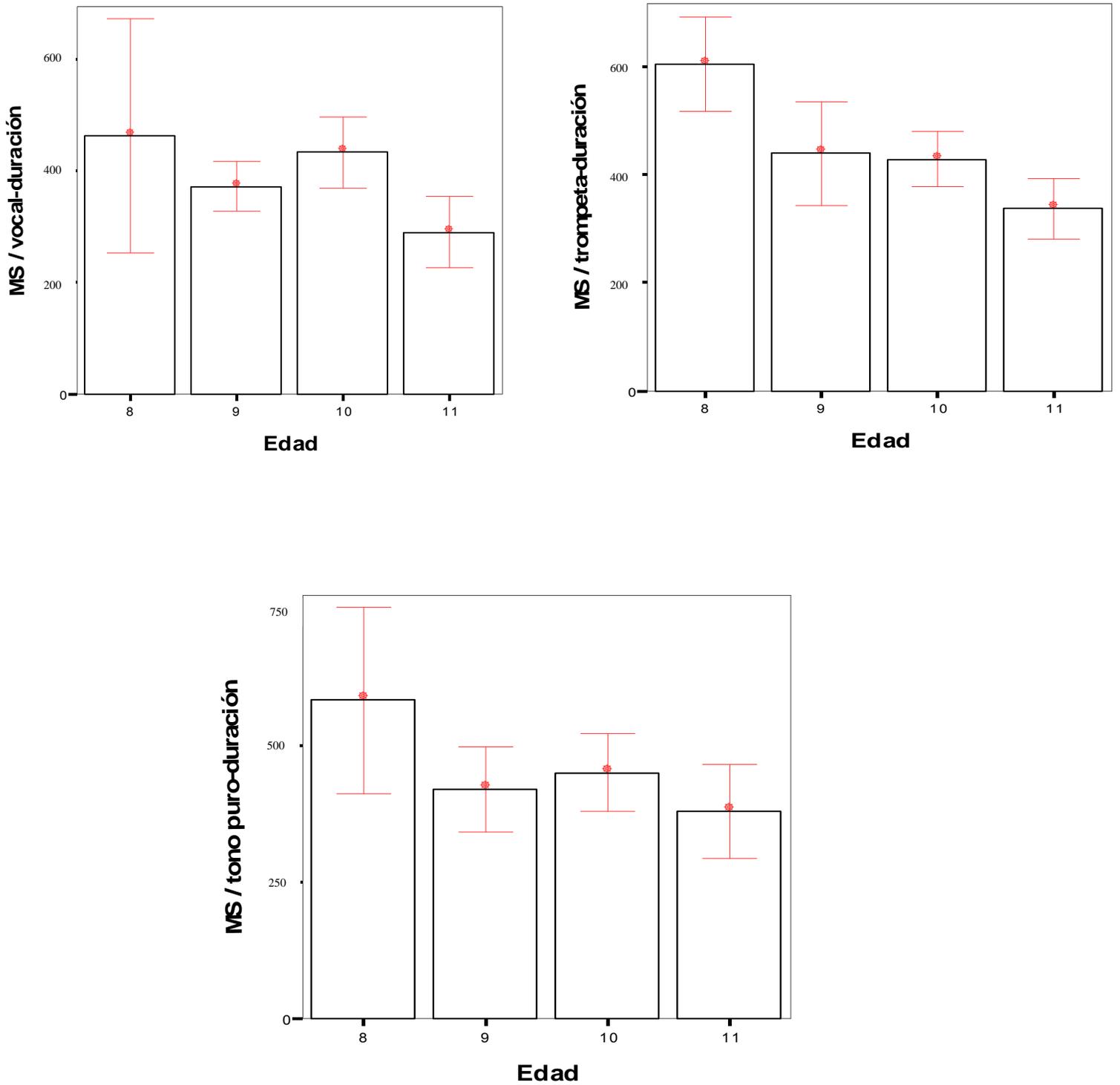


Fig.23.- Media y errores estándar ($\pm 2EE$) de los tiempos de reacción por variable analizada de las respuestas correctas en la cualidad de duración por grupo de edad.

Se empleó la U de Mann-Whitney para conocer la dirección de las diferencias significativas de la media de respuestas correctas entre los grupos. Para este análisis se usó el ajuste de Bonferroni, utilizando un valor de α (alpha) de 0.008 ($\alpha = 0.05 / 6 = 99.2$). Como puede observarse en la Tabla 6, la ejecución del grupo de 8 años de edad es significativamente menor a la de los grupos de 9, 10 y 11 años en las condiciones de trompeta/altura y tono puro/altura mientras que en las variables vocal/altura y trompeta/duración, las diferencias encontradas son entre el primer grupo de edad y el de 10 y 11 años. En la variable vocal/duración encontramos que el desempeño del grupo de 8 años de edad en relación al grupo de 11 años es significativamente menor y, para la tarea de tono puro/duración, las diferencias significativas se encuentran entre el grupo de 8 años y los grupos de 9 y 11 años de edad.

Tabla 6.
Diferencias intergrupales del número de respuestas correctas de las variables analizadas.

Grupos de edad	Altura						Duración					
	Vocal		Trompeta		Tono puro		Vocal		Trompeta		Tono puro	
	U	p	U	p	U	p	U	p	U	p	U	p
8-9	70.5	.017	38.5	.001*	36.5	.001*	78.0	.060	60.5	.009	53.5	.004*
8-10	126.0	.001*	147.5	.005*	108.5	.001*	194.5	.064	127.0	.001*	117.0	.027
8-11	11.5	.001*	10.5	.001*	6.5	.001*	16.0	.001*	10.5	.001*	21.5	.002*
9-10	328.5	.500	276.5	.127	328.0	.496	334.5	.566	365.5	.566	307.0	.308
9-11	47.0	.033	67.5	.262	54.0	.082	40.05	.014	52.0	.063	63.0	.198
10-11	129.0	.068	101.5	.012	105.0	.016	94.0	.008	114.5	.030	129.0	.067

* $p < 0.008$

Con el fin de ubicar las diferencias significativas entre los grupos de edad en los TR para cada variable analizada, se empleó la U de Mann-Whitney con un valor de α (alpha) de 0.008 ($\alpha = 0.05 / 6 = 99.2$) de acuerdo al ajuste de Bonferroni. Podemos observar en la Tabla 7 que la única diferencia significativa entre los cuatro grupos de edad se ubica entre el grupo de 8 años y el de 11 años de edad en la variable trompeta/duración, donde el primer grupo presenta una media de tiempos de reacción mayor en comparación con el segundo.

Tabla 7.

Diferencias intergrupales de los tiempos de reacción de las respuestas correctas de las variables analizadas.

Grupos de edad	Altura						Duración					
	Vocal		Trompeta		Tono puro		Vocal		Trompeta		Tono puro	
	U	p	U	p	U	p	U	p	U	p	U	p
8-9	10.0	.398	40.0	.351	38.0	.724	47.0	.881	10.0	.021	17.0	.058
8-10	24.0	.229	65.0	.161	80.0	.690	110.0	.942	26.0	.012	38.0	.093
8-11	4.5	.079	14.0	.083	21.0	.624	15.0	.051	1.0	.003*	7.0	.039
9-10	137.0	.921	295.0	.832	304.0	.970	189.0	.403	242.0	.947	496.0	.393
9-11	36.0	.497	60.0	.150	82.0	.880	36.0	.046	40.0	.079	59.0	.462
10-11	96.0	.288	125.0	.208	170.0	.790	80.0	.018	111.0	.081	103.0	.345

*p<0.008

- Comparaciones al interior de cada grupo de edad.**

Para conocer el desempeño intragrupal de las respuestas correctas (Tabla 8), y de los tiempos de reacción (Tabla 9), empleamos el análisis estadístico Wilcoxon. Los resultados presentaron una diferencia significativa en el grupo de 9 años y otra en el de 10 años de edad en la cualidad altura entre las condiciones vocal y trompeta de las respuestas correctas (p<0.001).

Tabla 8.

Análisis intragrupal de las respuestas correctas de las variables analizadas por edad.

		Edad en años							
		8		9		10		11	
		W	p	W	p	W	p	W	p
Altura	Vocal-Trompeta	1.78	.075	3.52	.001*	3.40	.001*	2.05	.040
	Vocal-Tono puro	1.36	.173	2.62	.009	1.46	.160	1.67	.194
	Trompeta-Tono puro	1.26	.206	1.40	.163	.759	.448	.962	.336
Duración	Vocal-Trompeta	.933	.351	.813	.416	.227	.820	.877	.380
	Vocal-Tono puro	1.61	.107	.714	.475	2.16	.030	2.28	.023
	Trompeta-Tono puro	.105	.916	.444	.657	1.89	.059	1.84	.065

*p<0.001

Tabla 9.

Análisis intragrupal de los tiempos de reacción de las respuestas correctas de las variables analizadas por edad.

		Edad en años							
		8		9		10		11	
		W	p	W	p	W	p	W	p
Altura	Vocal-Trompeta	.447	.655	.051	.959	1.95	.051	1.83	.066
	Vocal-Tono puro	.447	.655	.255	.799	1.20	.227	.889	.374
	Trompeta-Tono puro	.944	.345	.308	.758	.412	.681	1.58	.114
Duración	Vocal-Trompeta	.365	.715	1.22	.221	.162	.871	.663	.508
	Vocal-Tono puro	1.21	.225	.596	.551	.384	.701	1.78	.086
	Trompeta-Tono puro	.365	.715	.910	.363	.336	.737	1.24	.214

* $p < 0.001$

- **Frecuencia y porcentajes de niños que pudieron participar por grupo de edad.**

De los 83 niños seleccionados para este estudio, participaron en cada tarea aquellos que concluyeron la fase de familiarización y 3 de los 5 ensayos de la fase experimental. Así, se obtuvo la frecuencia y el porcentaje de participantes para cada grupo de edad en cada una de las tareas. En la Tabla 10 podemos observar que a mayor edad, mayor es el porcentaje de niños participantes en cada tarea con excepción de los grupos de 9 y 10 años, ya que en las tareas de trompeta/altura, tono puro/altura y tono puro/duración hubo un porcentaje menor de participantes en el segundo grupo. En cuanto a los participantes del grupo de 11 años, se aprecia que en las variables vocal/altura y tono puro/duración sólo el 90% de los niños pudo realizar la tarea, mientras que en las demás todos los niños de este grupo de edad lograron participar.

Tabla 10.

Frecuencia (f) y porcentaje (%) de participantes por edad que realizaron la tarea.

Variables	8		9		10		11	
	f	%	f	%	f	%	f	%
Vocal altura	3	21.4	10	55.5	28	68.2	9	90
Trompeta altura	6	42.8	18	100	34	82.9	10	100
Tono puro altura	5	35.7	17	94.4	36	87.8	10	100
Vocal duración	7	50	14	77.7	32	78.4	10	100
Trompeta duración	5	35.7	14	77.7	35	85.3	10	100
Tono puro duración	5	35.7	16	88.8	29	70.7	9	90

7. DISCUSIÓN

El objetivo de nuestra investigación fue conocer el efecto de la edad en el procesamiento temporal auditivo en una muestra de escolares de 8 a 11 años de edad. Para ello se utilizó una tarea consistente en identificar distintas secuencias de estímulos auditivos, verbales y no verbales, en dos cualidades acústicas, altura y duración.

De acuerdo a nuestra hipótesis general, esperábamos que conforme la edad de los participantes fuera mayor, el número de aciertos se incrementaría, mientras que observaríamos menores tiempos de reacción en los participantes de mayor edad. Esperábamos que dichas diferencias fueran evidentes entre los grupos de edad estudiados debido a que por una parte, aún a esta edad son observables cambios maduracionales en las estructuras relacionadas con el procesamiento auditivo. Así, los cambios anatómicos de la cóclea están presentes a los 10 años de edad (Leibold, et al., 2008), el proceso de poda sináptica en la corteza auditiva concluye alrededor de la edad de 12 años (Huttenlocher y Dabholkar, 1998), la discriminación temporal auditiva alcanza valores adultos hacia los 11 años de edad (Irwin, et al., 1985). Por otra parte, entre los 7 y 11 años se acelera el desarrollo cognitivo que permite resolver tareas de manera más eficiente, tanto cotidianas como controladas y que requieren, entre otras habilidades, de la atención y de la memoria de trabajo (Casey, et al., 2000). Éstas capacidades cognitivas se han asociado con el continuo proceso de maduración entre niños y adolescentes debido a distintos cambios en la corteza prefrontal, como la mielinización de los tractos nerviosos que, conforme ésta se incrementa, el procesamiento de la información es más rápido (Halford y Wilson, 1980, en Anderson, et al., 2001). Tales cambios en la velocidad de procesamiento se han observado entre los 9-10 años y los 11-12 años de edad (Kail, 1986, en Anderson et al., 2002).

Con relación al número de respuestas correctas, nuestros resultados muestran un efecto de la edad al contrastar el grupo de 8 años y los 3 grupos restantes observándose menor precisión para los participantes más jóvenes para identificar las secuencias de estímulos auditivos, tanto en altura como en duración.

Sobre los tiempos de reacción, es apreciable la ausencia de diferencias significativas entre los grupos con excepción de la variable trompeta/duración entre el grupo de 8 años y el de 11 años de edad. Estos resultados pueden sugerir, ya sea, 1) un efecto de techo alrededor de los 8 años de edad, pues después de éste grupo de edad no encontramos diferencias significativas en el aumento del tiempo de reacción conforme la edad de cada grupo fue mayor, 2) la presencia de un desarrollo más acelerado de las capacidades que facilitan el procesamiento temporal auditivo entre los 8 y 9 años de edad viéndose después un desarrollo es más sutil, 3) la variabilidad de participantes en cada grupo de edad es tan grande que no permite observar las diferencias entre los grupos y, 4) la ausencia de diferencias en los tiempos de reacción entre los grupos de edad analizados pudiera indicar que la velocidad en la ejecución aumentaría después de esta edad una vez se haya dominado la tarea pues el grupo de 11 años de edad no alcanza el puntaje máximo de aciertos. Esto último invita a continuar este análisis en adolescentes con edades mayores a los 11 años. Asimismo, a continuación trataremos de analizar alguna de las posibilidades expuestas.

Dado lo anterior, buscaremos dar respuesta a las siguientes preguntas:

¿Por qué en las edades estudiadas son evidentes las diferencias significativas en el número de respuestas correctas y no lo son en los tiempos de reacción?

Como ya hemos visto, la maduración de la corteza auditiva se da por medio de cambios progresivos. Asimismo, la discriminación auditiva es una habilidad que se desarrolla gradualmente (Gesell y Amatruda, 1985). De hecho, se ha reportado que a partir de los 7 años de edad, los niños muestran una mayor habilidad para discriminar la frecuencia de tonos puros (Hall y Grose, 1994; Thompson, et al., 1999). Aún cuando nuestros participantes del grupo de 8 años de edad lograron identificar algunas secuencias auditivas de tonos puros sus resultados fueron significativamente inferiores con relación a los obtenidos por el grupo de edad adyacente. Estos resultados sugieren que la habilidad para realizar un análisis secuencial de las cualidades de los tonos puros, sean éstas la altura o la duración,

sufren un cambio favorable mayor entre estas edades. En cuanto al estímulo musical incluido en este trabajo, de acuerdo con Davidson y Scripp (1991), los niños sin entrenamiento musical diferencian mejor sus características alrededor de los 9 años de edad en contraste con niños de menor edad y, en cuanto al estímulo verbal empleado por nosotros, la habilidad para reconocer sus características, como la amplitud de los fonemas vocálicos, se acelera entre los 9 y 10 años de edad. Esto fue observable en los resultados del análisis intragrupal, en las edades de 9 y 10 años el estímulo verbal es más difícil de identificar a diferencia de los estímulos musical y de tono puro. Sin embargo, es importante notar que ambos grupos (9 y 10 años de edad) tienen el mayor número de participantes por lo que podríamos sugerir la ausencia de diferencias significativas en los grupos de 8 y 11 años de edad, mas observando la comparación entre grupos (Tabla 6), específicamente en dicha tarea y en tales edades, no hay diferencias significativas.

De acuerdo con Álvarez y Cervera (2001), la percepción de los sonidos verbales no depende únicamente del sistema auditivo sino también de prototipos perceptivos almacenados en la memoria a largo plazo. Es decir, al escuchar un estímulo verbal, el oyente compara la señal acústica y su representación prototípica para clasificarla dentro o no de una categoría. Clemente (1987), menciona que en el curso de la educación primaria, el proceso de adquisición de la lectura se basa en una representación fonológica de la lengua hablada. La adquisición de la habilidad lectora es gradual y a mediados de la formación primaria los niños van siendo capaces de descomponer frases, palabras y sílabas en fonemas.

Las distinciones mencionadas corresponden al rendimiento de nuestros grupos evaluados, es decir, a partir de los 9 años de edad observamos un comportamiento homogéneo ante los estímulos auditivos en ambas cualidades acústicas a diferencia del grupo de menor edad. En diversos estudios sobre el procesamiento temporal auditivo (entre los 6 y los 14 años de edad) se ha visto que los participantes sanos incrementan el número de respuestas correctas conforme la edad es mayor (Lessar-Dostie, 2006; Vanniasegaram, et al., 2004; Hill, et al., 2005). Sin embargo, no sabemos si dichos incrementos son

significativos o no entre los grupos de edad debido a que el interés de esos estudios es indagar sobre las diferencias entre niños disléxicos y un grupo control.

En cuanto a los tiempos de reacción, si bien se observa una tendencia a que éstos sean menores en los niños de más edad, sólo el grupo de 8 años presentó un tiempo significativamente mayor en comparación con el grupo de 11 años de edad para responder en la variable trompeta/duración. La variable tiempo de reacción es una de las medidas dependientes más empleadas para estudiar el desarrollo de diversos procesos cognitivos (Perea y Algarabel, 1999; Perea, 1999), definiéndose como el tiempo que transcurre desde que se presenta el estímulo hasta que el participante da una respuesta (Perea y Rosa, 1999). A los participantes de nuestros cuatro grupos de edad no se les indicó que realizaran la tarea lo más rápido posible y, dado esto, cada ejecución se llevó a cabo bajo la velocidad que el participante considerara necesaria. La única diferencia significativa que encontramos pudiera relacionarse a los tiempos de maduración cerebral de las zonas neurales relacionadas con el procesamiento musical las cuales alcanzan un nivel adulto entre los 7 y los 12 años de edad (Overy, et al., 2004; Hirose, et al., 2004). Esto puede sugerir que en los participantes de 8 años de edad existe una inmadurez más notoria a diferencia del grupo de mayor edad para responder con rapidez ante estímulos musicales. Ahora bien, observamos que la diferencia se presentó en la cualidad de duración y no de altura. Esto se puede explicar por el proceso de maduración diferenciado de los hemisferios cerebrales, ya que el hemisferio izquierdo madura más tarde que el derecho y es aquél el que está más relacionado con el procesamiento de la duración de los estímulos auditivos (Trevarthen, 2001; Castro, 2008).

En general, nuestros resultados sugieren que los participantes de menor edad buscan acertar primero y después, conforme la edad es mayor, aumentar la velocidad de respuesta. Así, nuestros resultados sugieren que en este rango de edad son perceptibles cambios que indican que a mayor edad existe un mayor dominio de este tipo de tareas; en específico, con la edad se va automatizando la respuesta conductual que conlleva a un incremento en el número de aciertos y probablemente fuera de este rango de edad se observará de manera más drástica

la reducción de los tiempos de reacción al realizar tareas relacionadas con el procesamiento temporal auditivo.

¿Por qué la percepción auditiva de orden temporal mejora con relación a la edad entre los 8 y los 11 años?

Hemos mencionado (ver 2.3.2) que el periodo madurativo del oído se extiende hasta la infancia tardía, muestra de ello es que las características de un estímulo auditivo adquieren una representación tonotópica en la cóclea, específicamente en la membrana basilar. Con relación a aspectos conductuales, Pereira y Schochat (1997), mencionan que se observan cambios positivos para responder en pruebas conductuales del procesamiento auditivo hasta la edad de 10 años. Asimismo, Blagovesta (2008), menciona que el lenguaje, ya como percepción, se convierte en un instrumento de conocimiento, de adaptación gradual, de transformación y de reorganización. Entre los 4 y 7 años de edad se potencia la expresión oral mientras que la lectura y la escritura ocurren en fases posteriores, entre los 8 y 15 años de edad, periodo en que se transforman las propiedades en conceptos y, con esto, en modelos de significación. Es importante tomar en cuenta que además de la experiencia (efecto extrínseco), los procesos de mielinización (efecto intrínseco) en la edad escolar, particularmente entre los 7 y los 11 años de edad, permiten que la transmisión de la información sea más rápida y eficiente (Anderson, et al., 2001).

Los estímulos acústicos se perciben en la corteza auditiva, primero de manera pasiva y posteriormente sufren una elaboración cognitiva (percepción). Tal proceso, desde la presentación del estímulo hasta su reconocimiento, ocurre en las tres principales áreas de la corteza auditiva, mismas que maduran siguiendo una secuencia, iniciando con las áreas primarias y las últimas en madurar, en la infancia tardía, son las áreas de asociación. Las áreas primarias son el campo central de los núcleos corticales que analizan el sonido (cambios de frecuencia, localización de la fuente sonora, etc.); en los sectores mediales se proyectan las fibras con impulsos de tonos altos y en los sectores laterales las fibras con impulsos de tonos bajos. Las áreas secundarias perciben las características de los

estímulos auditivos y, en las áreas terciarias o de asociación, se reconocen los estímulos auditivos, contribuyendo a que la realidad se refleje como objeto del conocimiento (Luria, 1986). Nosotros no encontramos diferencias significativas en el número de respuestas correctas entre el grupo de 8 y 9 años de edad cuando el tono puro fue presentado pero sí cuando les fue expuesto el estímulo verbal y el musical. Esto puede sugerir que alrededor de los 8 y 9 años de edad las características acústicas de los estímulos verbales y musicales son más complejas de identificar al ser presentados en secuencia y requieren de más tiempo para poder ser reconocidos con éxito.

¿Qué capacidades cognitivas subyacen a una tarea de procesamiento temporal auditivo en las edades aquí estudiadas?

Además de los procesos madurativos mencionados, podemos hablar de los cambios cognitivos que se presentan en la infancia, específicamente entre los 8 y 11 años de edad. Estévez-González, et al., (2000), sugieren que funciones como la flexibilidad cognitiva, la elección de objetivos, la planificación, la monitorización, la resolución de problemas y el autocontrol, todas ellas identificadas como funciones ejecutivas, se establecen básicamente a la edad de 9 años y los incrementos posteriores relacionados con la edad pueden depender de la integración de funciones, de la adquisición del conocimiento y la experiencia. Anderson, et al., (2001), mencionan que la madurez de las funciones ejecutivas no se presenta en forma lineal, sino de manera gradual, comenzando por la atención a los 6 años, el control de impulsos alrededor de los 10 años y, cerca de los 12 años de edad, la habilidad para planificar. Por simple que sea una tarea auditiva, ésta se ve influida por funciones de nivel cognitivo superior, como la atención, aprendizaje, motivación, memoria y toma de decisiones (Cañete, 2006), habilidades cuyo desarrollo se prolonga hasta los primeros años de la edad adulta y reportan importantes cambios durante las etapas de edad escolar y la adolescencia

La maduración de las funciones ejecutivas permite que los niños logren una ejecución más eficiente en distintas tareas, así como mejorar el tiempo de

reacción. Por ejemplo, en las tareas de reconocimiento temporal auditivo se requiere comparar dos o más estímulos y emitir un juicio sobre si éstos son iguales o no. Esta tarea implica un procesamiento perceptivo de los sonidos y un almacén en la memoria de trabajo para poder emitir un juicio además de mantener la atención para controlar la impulsividad al responder (Ygual y Cervera 1999; Castex, et al., 2006, Gomes, et al., 2000). Bellis (2002), menciona que por simple que sea el evento acústico, para poder procesarlo se necesitan factores cognitivos como la atención, la memoria y el aprendizaje.

Drake, et al., (2000), han inferido que la atención subyace al desempeño tanto en las respuestas motoras como perceptuales de un estímulo. Ellos evaluaron las funciones auditivas en niños con y sin entrenamiento musical entre los 4 y 10 años de edad y encontraron que las habilidades para procesar la información se incrementaban significativamente con la edad entre los 4 y 6 años, los 6 y 8 años y los 8 y 10 años de edad. Asimismo, reportan que tales resultados no son sorprendentes desde la perspectiva del desarrollo y que los niños más pequeños obtienen puntajes más bajos que los niños mayores en tareas que requieren de una atención coordinada ante estímulos auditivos en secuencia, sobre todo en una sucesión rápida o lenta de los mismos. Dado lo anterior y en consonancia con lo reportado por Wightman y Kistler (2005), pudiéramos considerar que el control de los recursos atencionales facilita o subyace a la identificación de la sucesión de sonidos.

Además, se puede considerar que otras funciones neurocognitivas como la memoria de trabajo y el control de impulsos son cruciales para resolver con éxito tareas del tipo de nuestro estudio con el fin de elegir como respuesta correcta una de las 4 opciones posibles. La memoria de trabajo y el control de impulsos se encuentran implicadas en el mantenimiento de la información cuando se atiende un evento relevante. Cuando a los participantes se les presentan las cuatro opciones tienen que aparear el sonido con la figura, proceso que se realiza integrando la información auditiva y visual en las áreas ventrolaterales de la corteza prefrontal (Tadashi, et al., 2006). Se puede inferir que con el aumento de la edad y los cambios madurativos neurológicos subyacentes, al menos en las edades aquí estudiadas, los niños prestan mayor atención al estímulo auditivo y a

sus características acústicas, lo retienen en la memoria a corto plazo y al identificarlo y diferenciarlo de otros, responden de forma más precisa. Asimismo, este esfuerzo por responder menos impulsivamente se refleja en el incremento del número de aciertos.

8. CONCLUSIONES

En el presente estudio evaluamos el efecto de la edad en el procesamiento temporal auditivo en escolares, hispanohablantes, sanos entre los 8 y 11 años de edad. Se analizó si el número de respuestas correctas al identificar las secuencias de estímulos auditivos (vocal A, trompeta y tono puro) en dos cualidades acústicas (altura y duración) así como los tiempos de reacción, variaban de acuerdo a la edad, esperando ver un mayor número de aciertos y menores tiempos de reacción conforme la edad de cada grupo fuera mayor. La importancia del presente trabajo radica en que el procesamiento temporal auditivo está relacionado con el desarrollo del lenguaje oral y escrito.

Nuestros resultados señalan que las diferencias significativas encontradas en el número de aciertos se deben al factor edad, específicamente a la maduración de ciertas habilidades cognitivas que se presentan entre los 8 y 9 años de edad. Como se ha reportado, algunos componentes de las funciones ejecutivas tienen cambios importantes en la etapa escolar y, tomando en cuenta la memoria de trabajo, la atención y el control de impulsos, podemos inferir que el número de aciertos fue mayor en cada grupo de más edad porque los participantes del grupo de 8 años aún no alcanzan valores un grado madurativo como los del grupo de 11 años debido a que es un desarrollo progresivo. En cuanto a los tiempos de reacción, no observamos el efecto esperado, es decir, que éstos fueran menores en los grupos de mayor edad. Únicamente encontramos una diferencia significativa entre el grupo de 8 años al contrastarlo con el grupo de 11 años de edad.

En general, podemos inferir que la maduración de la vía auditiva así como de la corteza auditiva y la experiencia que cada grupo de edad tiene, son elementos que permiten una correcta percepción auditiva secuencial. Aunado a lo anterior se debe considerar que el desarrollo de otras capacidades cognitivas tales como la atención, la memoria de trabajo y el control de impulsos son cruciales para el éxito en este tipo de tareas.

9. LIMITACIONES

Dentro de las limitaciones del presente estudio se encuentran el tamaño de la muestra. En un inicio se buscó incluir al menos 30 participantes en cada grupo, 15 niños y 15 niñas, sin embargo, no se logró reunir el total de 120 sujetos debido, principalmente, a dos factores:

1.- No todos los padres contestaron o devolvieron el consentimiento informado para que su (s) hijo (s) participara en el estudio y,

2.- En repetidas ocasiones los padres de familia no asistieron a la cita programada.

Así, obtuvimos una muestra de 83 participantes pero el número de sujetos por cada grupo de edad fue significativamente distinto.

10. PROSPECTIVA

Los datos obtenidos en nuestro estudio pueden servir para ser contrastados con participantes disléxicos hispanohablantes y conocer si hay diferencias entre ambos grupos. Esto podría aportar evidencia a lo ya propuesto por otros investigadores de otros idiomas.

Asimismo, los datos aquí presentados pueden considerarse como típicos o normales y emplearse como puntos de referencia para valoraciones en escolares con diversos problemas del lenguaje.

Estudios longitudinales o bien estudios transversales que contemplen un rango de edad más amplio pudieran dar mayor luz a las incógnitas que nos planteamos en este estudio.

Es importante tomar en cuenta que la adquisición del lenguaje oral y escrito es un proceso que depende de los cambios propios de la edad y cabría enfatizar que la estimulación externa (familia, escuela, sociabilidad), conlleva a que éstas habilidades se desarrollen de forma óptima.

11. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acevilla-Ramírez G. N., Silva-Pereyra J. F., Harmony T., Sánchez M. L. (2003). “Cerebro y lectura”. Universidad de Guadalajara: capítulo III. 81-138.
- Afifi A. K., Bergman R. A. (1999). “Neuroanatomía Funcional”. McGraw Hill, 2a ed. México. pp. 339-387.
- Agnew J. A., Dorn C., Eden G. F. (2004). “Effect of intensive training on auditory processing and reading skills”. *Brain and Language*, 88, pp. 21-25.
- Aimard P. (1981). “El lenguaje del niño”. México: Fondo de Cultura Económica. pp. 152-174.
- Anderson P., Anderson V., Garth J. (2001). “Assessment and Development of Organizational Ability: The Rey Complex Figure Organizational Strategy Score (RCF-OSS)”. *The Clinical Neuropsychologist*, 15, 1, pp. 81-94.
- Anderson P. (2002). Assessment and development of executive function (EF) during childhood. *Child neuropsychology*. 8, 2, pp. 71-82.
- Annett M. (1973). “The right shift theory of handedness and brain asymmetry in evolution, development and psychopathology”. *Cognition, Brain, Behavior*. 10, pp. 235-250.
- Auriol B. (1998). “Introducción a la música”. *Revista de Musicoterapia*, 1, 4. pp. 15-27.
- Barrio Tarnawiecki C. (2000). “Desarrollo de la percepción auditiva fetal: la estimulación prenatal”. *Pediátrica*, 2, 3, pp. 11-15.
- Belin P., Zatorre J. R., Lafaille P., Ahad P., Pike B. (2000). “Voice-selective areas in human auditory cortex”. *Nature*, 403, pp. 309-312.
- Bellis J. (2002). “Assessment and management of central auditory processing disorders in the educational setting, from science to practice”. *Thomson*, 2a ed. pp. 51 USA.
- Benasich A., Thomas J. J., Choudhury N. (2001). “The importance of rapid auditory processing abilities to early language development: evidence from converging methodologies”. *Developmental psychobiology*, 40, pp. 278-292.

- Benasich A., Tallal P. (2002). "Infant discrimination of rapid auditory cues predicts later language impairment". *Behavioural Brain Research*, 136, pp. 31-49.
- Blagovesta N. V. (2008). "Adquisición y desarrollo del lenguaje de los niños hispanohablantes en edad preescolar a través de la poesía popular infantil". Diplomado.
- Bravo V. L., Villalón M., Orellana E. (2006). "Diferencias en la predictividad de la lectura entre primer año y cuarto año básicos". *Psykhe*, 1, 15, pp. 3-11.
- Cañete O. (2006). "Desorden del procesamiento auditivo central (DPAC)". *Rev. Otorrinolaringol Cabeza-Cuello*. 66: 263-273.
- Carrasco M., Loreto P. A., Délano E. R. (2008). "Potencial de disparidad: revisión Mismatch Negativity". *Revista Acta Otorrinolaringología*. 68, 2, pp. 185-192. Abstract.
- Casey B. J., Giedd J. N., Thomas K. M. (2000). "Structural and function brain development and its relation to cognitive development". *Biological Psychology*. 54, pp. 241-257.
- Castex C. C., Castro S. Y., Sandoval P. X., Seguel R. V., Vera M. G. (2006). "Rendimiento en pruebas de procesamiento auditivo central de adolescentes con y sin déficit del discurso oral". *Escuela de fonoaudiología*. Pp. 1-75. Tesis.
- Castro C. A. E. (2008). "Especialización hemisférica de los lóbulos corticales". *Revista de la facultad de ciencias de la salud*. 5, 2, pp. 167-172.
- Cayres Minardi C. G., Fernandez Souza A. C., Paranhos Netto M., Ulhoa F. M., Riberiro Feniman, Ferrerira Campos C., Sodário Cruz M. (2004). "Habilidades auditivas de niños con hendidura labial y/o palatina según el cuestionario Fisher". *Acta otorrinolaringol*. 55, pp. 160-164.
- Cohen-Mimran R., Sapis S. (2007). "Auditory temporal processing deficits in children with reading disabilities". *Dyslexia*, 13, pp. 175-192.
- Correa A., Lupiáñez J., Tudela P. (2006). "La percepción del tiempo: una revisión desde la neurociencia cognitiva". *Cognitiva*. 18, 2, pp. 145-168.

- Crandell C., Smaldino J., Flexer C. (1995). *Sound Field FM Amplification*. Singular Publishing group, San Diego.
- Davidson Lyle, Scripp Larry (1991). "Educación y desarrollo musical desde un punto de vista cognitivo". *Children and the arts* (4), pp. 80. Ed. Morata, España.
- De Sebastián G. (1963). "Audiología práctica". Argentina: Médica Panamericana. pp. 27.
- Drake C., Riess Jones M., Baruch C. (2000). "The development of rhythmic attending in auditory sequences: attunement, referent period, focal attending". *Cognition*. 77, pp. 251-288.
- Estévez-González A., García-Sánchez C., Barraquer-Bordas LI. (2000). "Los lóbulos frontales: el cerebro ejecutivo". *Revneurolog*. 31, pp. 566-577.
- Farmer M. E., Klein R. M. (1995). "The evidence for temporal processing déficit linked to dyslexia: a review". *Psychonomic Bulletin & Review*. 2, 4, pp. 460-493.
- Fouling J. N. (2005). "Why is letter-name knowledge such a good predictor of learning to read". *Reading and Writing: An Interdisciplinary Journal*, 18, 2 pp. 129-155. Abstract.
- Galaburda A. M., Menard M. T., Rosen G. D. (2006). "Evidence for aberrant auditory anatomy in developmental dyslexia". *PNAS*, 91, pp. 8010-8013.
- Gesell Arnold, Amatruda Catherine (1985). "Diagnóstico del desarrollo normal y anormal del niño. Evaluación y manejo del desarrollo neuropsicológico normal y anormal del niño pequeño y el preescolar". Ed. Paidós, Buenos Aires, Argentina. Pp. 315.
- Gómez H., Molholm S., Christodoulou C., Ritter W., Cowan N. (2000). "The development of auditory attention in children. *Frontiers in bioscience*. 5, pp. 108-120.
- Goldstein, B. E. (2005). "Sensación y percepción". México: Editorial Thomson. pp. 331-401.
- Grupo de acústica. (mayo 2003). www.ehu.es/acustica

- Guardia P. (2003). "Relaciones entre habilidades de alfabetización emergente y la lectura desde el nivel de transición mayor a primero básico". *Psykhé*. 12, 63-79.
- Guzmán R., Jiménez E. J., Ortiz M. R., Hernández-Valle I., Estévez A., Rodrigo M., García E., Díaz A., Hernández S. (2004). "Evaluación de la velocidad de nombrar en las dificultades de aprendizaje de la lectura". *Psicothema*, 3, 16, pp. 442-447.
- Habib M. (2000). "The neurological basis of developmental dyslexia. An overview and working hypothesis". *Brain*, 123, pp. 2373-2399.
- Hall J. W., Grose J. H. (1994). "Development of temporal resolution in children as measured by the temporal modulation transfer function" *J. Acoust. Soc. Am.* 96, 1. pp. 150-154. Abstract.
- Hill P. R., Hogben J. H., Bishop D. M. V. (2005). "Auditory frequency discrimination in children with specific language impairment: a longitudinal study. *Journal of speech, language and hearing research*. 48, pp. 1136-1146.
- Hiroese H., Kubota M., Kimura I., Yumoto M., Sakakihara Y. (2004). "N100m in adults possessing absolute pitch". *NeuroReport*. 15, 9.
- Hood M., Conlon E. (2004). "Visual and auditory temporal processing and early reading development". *Dyslexia*, 10, pp. 234-252. Abstract.
- Huttenlocher Peter R, Dabholkar Arun S. (1998). "Regional differences in synaptogenesis in human cerebral cortex". *The Journal of Comparative Neurology*. 2 pp. 167-178. Abstract.
- Idiazábal-Aletxa M. A., Saperas-Rodríguez M. (2008). "Procesamiento auditivo en el trastorno específico del lenguaje". *RevNeurol*, 1, 46, pp. 91-95.
- Leibold L. J., Yarnell Bonino A., Fleenor L. (2008). "The importance of establishing a time course for typical auditory development". *A sound foundation through early amplification*. Chapter 2, pp. 35-42.
- Lessar-Dostie H., (2006). Perception de l'ordre temporel de stimuli acoustiques chez des enfants de 9 à 12 ans. Université de Montréal. Tesis.

- López López M. J., Rodríguez G. J. M., Santín C., Torrico L. E. (2003). "Utilidad de las formas cortas de la Escala de Inteligencia de Wechsler para Adultos (WAIS)". *Anales de psicología*, 19, 1, pp- 53-63.
- López Escribano C. (2007). "Contribuciones de la neurociencia al diagnóstico y tratamiento educativo de la dislexia del desarrollo" *RevNeurol*, 3, 44, pp. 173-180.
- Luria, Alexandr R. (1986). "Las funciones corticales superiores del hombre". Ed. Fontamara, México DF. pp. 115-119, 436-439, 486-496, 529.
- Maggiolo L. M., Leyton M. J., Hormazábal R. X., López B. I. (2005). "Habilidades de procesamiento auditivo en niños con trastorno específico del lenguaje de 4 a 4 años 11 meses". Universidad de Chile, Facultad de Medicina, Escuela de Fonoaudiología. Tesis.
- Malvino P. (2004). "Principios de Electrónica". México: McGraw-Hill. pp. 23-25.
- Martínez L., Herrera C., Valle J., Vásquez M. (2003). "Memoria de trabajo fonológica en preescolares con trastorno específico del lenguaje expresivo". *Psykhe*, 2, 12, pp. 153-162.
- Menéndez-Colino L. M., Falcón C., Trasera J., Berenguer J., Pujol T., Herrera O., Doménech J., Bernal M. (2004). "Vanguardia en el estudio del córtex auditivo. Demostración de su activación mediante resonancia magnética funcional". *Acta Otorrinolaringología*, 55, pp. 247-251.
- Meyer M., Zaehle T., Gountouna V., Barron A., Lutz J., Turk A. (2005). "Spectro-temporal processing during speech perception involves left posterior auditory cortex". *NeuroReport*, 18, 16, pp. 48-60.
- Miranda-Casas A., Baixauli-Ferrer I., Soriano M., Presentación-Herrero M. J. (2003). "Cuestiones pendientes en la investigación sobre dificultades del acceso al léxico: una visión de futuro". *RevNeurol*, 1, 36, pp. 1247-1258.
- Miyara F. (1999). La naturaleza del sonido. 3. UNR.
- Munar E., Rosselló J., Mas C., Morente P., Quetgles M. (2002). "El desarrollo de la audición humana". *Psicothema*, 2, 14, pp. 247-254.

- Musiek F.E., Pinheiro M.L. (1987). "Frequency patterns in cochlear, brainstem, and cerebral lesions". *Audiolog*, 26, pp. 7-88.
- Nagarajan S., Mahncke H., Salz T., Tallal P., Roberts T., Merzenich M. M. (1999). "Cortical auditory signal processing in poor readers". *PNAS*, 96, pp. 6483-6488.
- Olofsson Ä., Niedersoe J. (1999). "Early language development and kindergarten phonological awareness as predictors of Redding problems: from 3 to 11 years of age". *Journal of learning disabilities*, 5, 32, pp. 464-472.
- Ortiz A. T. (1997). *Neuropsicología del lenguaje*. Madrid. 2ª edición. 51-102.
- Overy K., Norton C., Cronin K. T., Gaab N., Aslop D. C., Winner E., Shalug G. (2004). "Imaging melody and rhythm processing in young children". *NeuroReport* 15, 16.
- Papalia D. E., Wendkos O. S. (1997). *Desarrollo humano*. 6ª ed. Manual Moderno. pp. 7-8, 114-115.
- Pedemonte M., Narins P. M. (1999). "Las células ciliadas de la cóclea, un ejemplo de transducción bidireccional". *Actas de Fisiología*, 5, pp. 79-107.
- Perea M. (1999). "Tiempos de reacción y psicología cognitiva: dos procedimientos para evitar el sesgo debido al tamaño muestral". *Psicología*. 20, pp. 13-21.
- Perea M., Algarabel S. (1999). "Puntuaciones atípicas y potencia estadística con diferentes procedimientos de análisis de los tiempos de reacción: un estudio de simulación". *Psicología*. 20, pp. 211-226.
- Perea M., Rosa E. (1999). "Psicología de la lectura y procesamiento léxico visual: una revisión de técnicas experimentales y de procedimiento de análisis". *Psicología*. 20, pp. 65-90.
- Pereira L. D, Shochat E. (1997). "Procesamiento auditivo central: manual de avaliação". *Lovise*. 5, pp. 49-60.
- Phillips D. P. (1995). "Central auditory processing: a view from auditory neuroscience". *The American Journal of Otology*, 3, 16.

- Poldrack R. A., Temple E., Protopapas A., Nagarajan S., Tallal P., Merzenick M., Gabrieli J. D. E. (2001). "Relations between the neural bases of dynamic auditory processing and phonological processing: evidence from fMRI". *Journal of Cognitive Neuroscience*, 13, 5, pp. 687-697.
- Portellano, J. A. (2005). *Introducción a la neuropsicología*". McGraw Hill, pp. 85- 207.
- Rauscher F. H. (2003). "Can music instruction affect children's cognitive development?" *Psychology of music*, 32, pp. 139-152.
- Reiterer S. M., Erb M., Droll C. D., Anders S., Ethofer T., Grodd W., Wildgruber D. (2004). "Impact of task difficulty on lateralization of pitch and duration discrimination". *NeuroReport*, 239-242.
- Richardson U., Thomson J. M., Scott S. K., Goswami U. (2004). "Auditory processing skills and phonological representation in dyslexic children". *Dyslexia*, 10, pp. 215-233.
- Rosenzweig M. R., Leiman A. I. (1992). *Psicología fisiológica*. Ed. McGraw Hill, 2, pp. 317-342.
- Sanes H. D., Reh A. T., Harris A. W. (2000). *Development of the nervous system. Behavioral development*. Capítulo 10, pp. 426-430, 452-460.
- Sattler, J. (1996). *Evaluación Infantil*. Santafé de Bogotá: El Manual Moderno.
- Soto E., Vega R., Chávez., Ortega A. *Fisiología de la audición: la cóclea*. Instituto de Fisiología, Universidad Autónoma de Puebla, México.
- Shubert E. D. (1980). "Hearing: its function and dysfunction". *Neuroreport*, 6, 1, pp. 214-221.
- Schulte-Körne G., Wolfgang D., Jürgen B., Helmut R. (1998). "Procesamiento auditivo y dislexia: evidencia de un déficit en el procesamiento específico del habla". *Neuroreport*, 9, 2, pp. 337-340.
- Schulte-Körne G., Deimel W., Bartling J., Remschmidt H. (1999). "The role of phonological awareness speech perception, and auditory temporal processing for dyslexia". *European child & adolescent psychiatry*, 3, 8, pp. 28-34.

- Signorini A., Borzone de Manrique A. M. (2003). "Aprendizaje de la lectura y escritura en español. El predominio de las estrategias fonológicas". *Revista de Psicología y Ciencias Afines*, 1, 20, pp. 5-30.
- Silverstein, A. B. (1990). "Short forms of individual intelligence tests". *Psychological Assessment*. 2, 1, pp. 3-11. Abstract.
- Tadashi Sugihara, Mark D. Diltz, Bruno B. Averbeck, Lizabeth M. Romanski (2006). "Integration of Auditory and Visual Communication Information in the Primate Ventrolateral Prefrontal Cortex". *The Journal of Neuroscience*, 26 (43). pp. 11138 –11147.
- Tallal P. (1998). "Language learning impairment: integrating research and remediation". *Scandinavian journal of psychology*, 39, pp. 179-183.
- Tallal P. (2003). "Language disabilities: integrating research approaches". *Center for molecular and behavioral neuroscience*. 12, 6.
- Tallal P. (2004). "Improving language and literacy is a matter of time". *Nature Reviews*, 5, pp. 721.
- Temple E., Poldrack A. R., Protopapas A., Nagarajan S., Salz T., Tallal P., Merzenich M. M., Gabriela E. J. (2000). "Disruption of the neural response to rapid acoustic stimuli in dyslexia: Evidence from functional MRI". *PNAS*, 25, 97, pp. 13907-13912.
- Temple E., Deutsch K. G., Poldrack A. R., Miller L. S., Tallal P., Merzenich M. M., Gabrieli E. J. (2003). "Neural deficits in children with dyslexia ameliorated by behavioral remediation: Evidence from functional MRI". *PNAS*, 5, 100, pp. 2860-2865.
- Thompson N. C., Cranford J. L., Hoyer E. (1999). "Brief-tone frequency discrimination by children". *J Speech Lang Hear Res*. 42, 5, pp. 1061-8. Abstract.
- Trevarthen, (2001). "Intrinsic motives for companionship in understanding: Their origin, development, and significance for infant mental health" *Infant Mental Health Journal*. 22, 1-2, pp. 95-131. Abstract.

- Valdivieso L. B., Villalón M. y Orellana E. (2006). “Diferencias en la predictividad de la lectura entre primer año y cuarto año básico”. *Psykhé*, 1, 15.
- Vanniasegaram I., Cohen M., Rosen S. (2004). “Evaluation of selected auditory tests in school-age children suspected of auditory processing disorders. *Ear & hearing*. 25. Pp. 586-597.
- Wechsler D. (1982). *WISC-IV*, Escala de Inteligencia de Wechsler para Niños, México. El Manual Moderno.
- Werner L. A. (2002). “Infant auditory capabilities”. *Current opinion un Otolaryngology & Head and Neck Surgery*, 10, pp. 398-402.
- Wightmana Frederic L, Kistler Doris J. (2005). “Informational masking of speech in children: Effects of ipsilateral and contralateral distracters” *Heuser Hearing Institute and Department of Psychological and Brain Sciences*. 43, 66. pp. 3164–3176.
- Ygual A., Cervera J. F. (1999). “La intervención logopédica en los trastornos de la adquisición del lenguaje”. *Revneurol*. 28, 2, pp. 109-118.
- Zaehle T., Wüstenberg T., Meyers M. Jänke L. (2004). “Evidence for rapid auditory perception as the foundation of speech processing: a sparse temporal sampling fMRI study”. *European Journal of Neuroscience*, 20, pp. 2447-2456.
- Zañartu S. M. (2003). “Aplicaciones del análisis acústico en los estudios de la voz humana”. Escuela de fonoaudiología, Universidad Mayor. Chile.
- Zatorre R.J., Belin P. (2001). “Spectral and temporal processing in human auditory cortex”. *Cerebral Cortex*, 10, 11, pp. 946-953.
- Zenker F., Barajas de Prat J. J. (2003). “Las funciones auditivas centrales”. *Revista de Electrónica de Audiología*. 2.
- Ziegler J. C., Pech-Georgel C., George F., Alario F. X., Lorenzi C. (2005). “Deficits in speech perception predict language learning impairment”. *PNAS*, 39, 102, pp. 14110-14115.

12. GLOSARIO

ALTURA.- Traduce la presencia de las vibraciones (ciclos / segundo o hertz en una franja de 20 a 20.000). Según El Grupo de Acústica (2003), la altura permite distinguir entre un sonido agudo o alto y otra grave o bajo.

DECIBEL (dB): es una unidad relativa de una señal, tal como la potencia, voltaje, etc. Los logaritmos son muy usados debido a que la señal en decibeles puede ser fácilmente sumada o restada ya que la intensidad se incrementa en unidades de 10 y cada incremento es 10 veces mayor que el anterior. La escala del decibel corre entre el mínimo sonido que el oído humano pueda detectar (0 dB) y el sonido más fuerte (180 dB). (Malvino, 2004).

DURACIÓN.- Cualidad relacionada con el tiempo de vibración del objeto. Por ejemplo, sonidos largos, cortos, muy cortos, etc.

FRECUENCIA.- La frecuencia de un sonido corresponde al número de vibraciones dobles que tengan lugar durante un segundo. A la sensación subjetiva de oír esta frecuencia se llama tono. Para graficar la frecuencia se representa el número de oscilaciones que aparecen sobre la ordenada, contándose éstas en la unidad de un segundo.

HERCIO (Hz): Unidad de frecuencia que corresponde a un ciclo por segundo. Cada ciclo se entiende como la repetición de un evento. El hercio se aplica a la medición de la cantidad de veces por segundo que se repite una onda, magnitud denominada frecuencia

Según la Enciclopedia Médica en Español (2005), otros componentes del sonido son:

INTENSIDAD.- Es equivalente a la fuerza que tenga el movimiento vibratorio. A esta sensación de potencia acústica considerada como sensación subjetiva se la denomina volumen. Gráficamente la intensidad viene representada por la altura de cada hemiciclo.

INTERFERENCIA.- Es el fenómeno que se refiere a la relación de dos o más tonos puros que se produzcan al mismo tiempo.

REFLEXIÓN SONORA.- Es la propiedad que posee la onda sonora de volver al punto de origen en condiciones apropiadas, al chocar contra un cuerpo. El ejemplo clásico de reflexión es el eco.

REFRACCIÓN.- Se traduce en una desviación de las ondas sonoras al pasar de un medio de diferente densidad.

SONIDO AMBIENTAL.- La organización sintáctica del sonido ambiental tiene muy poca relación con la que se encuentra en el habla o la música, ya que éstas son formas intencionales de comunicación humana que involucran procesos análogos de codificación y decodificación. El sonido ambiental es decodificado por el oyente, cuya propia producción de sonidos opera con un repertorio diferente de materiales y de intención conceptual. El hecho de que el sonido ambiental pueda comunicar significados no es debido a su sintaxis sino a la propia del sujeto que lo escucha. El sonido ambiental adquiere su significado tanto en términos de sus propiedades como en su relación con el contexto. La mayor parte del tiempo se procesa la información acústica más en un plano de fondo sin concentrar la atención en ello. Esta información provee el contexto ambiental a la atención.

SONORIDAD.- Es la amplitud de las vibraciones y permite distinguir si el sonido es fuerte o débil. Está determinado por la cantidad de energía de la onda. Los sonidos que percibimos deben superar el umbral auditivo (0 dB) y no llegar al umbral de dolor (180 dB).

TIMBRE.- Calidad que permite distinguir la fuente sonora y la calidad del sonido.

ANEXOS

ANEXO A) Carta para padres.



INSTITUTO DE NEUROCIENCIAS
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS AMBIENTALES
CUCBA, UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA

Francisco de Quevedo 180, Arcos Vallarta ● 44130 Guadalajara, Jal.
México ● Teléfono / Fax 88-18-07-40

Consentimiento para participar en el proyecto de Investigación
“Procesamiento Temporal Auditivo en Escolares”

Guadalajara Jalisco a _____ de _____ de
200_____

Por medio de la presente autorizo que mi hijo (a) de nombre:

participe en el proyecto: Procesamiento Temporal Auditivo en Escolares, realizado en el Instituto de Neurociencias–CUCBA- de la Universidad de Guadalajara. El objetivo general de este proyecto es estudiar el desarrollo del procesamiento auditivo de orden temporal en escolares.

Se me ha explicado que la participación consistirá en asistir a una sola sesión matutina, de aproximadamente 4 horas de duración, en las instalaciones del Instituto de Neurociencias, en la que se realizará una audiometría y una evaluación conductual con la aplicación de cinco pruebas 1) una versión corta del WISC-IV, 2) Batería de denominación (dibujos, letras, números y colores), 3) prueba de lectura de la ENI, 4) prueba sobre la percepción y reconocimiento de estímulos musicales y, 5) la Prueba de Procesamiento Auditivo de Orden Temporal (TOT). Las dos últimas son computarizadas. Todas las pruebas fueron diseñadas para ser aplicadas a población infantil.

En caso de que, como resultado de la evaluación, sea detectado un problema auditivo será informado de manera verbal sobre el mismo para que mi hijo (a) sea atendido por el profesional que yo considere conveniente.

Declaro que he sido informado ampliamente del procedimiento de evaluación y de que durante el mismo no se aplicará ningún medicamento y no se realizará ningún procedimiento que ponga en riesgo la salud física o emocional de mi hijo (a) y que la Dra. Esmeralda Matute Villaseñor y el Lic. Carlos Gallegos Salmón se han comprometido a responder cualquier pregunta y a aclarar cualquier duda que le plantee acerca de los procedimientos llevados a cabo, los riesgos, beneficios o cualquier otro asunto relacionado con la investigación

Consiento de manera voluntaria la participación de mi hijo (a) siempre y cuando podamos desistir de la misma en cualquier momento, y se mantenga en estricta confidencialidad nuestros nombres y cualquier información que yo proporcione. Este consentimiento no libera a los investigadores o a la institución de su responsabilidad ética con nosotros.

Nombre, teléfono y firma del Padre o Tutor

Lic. Carlos Gallegos Salmón
Responsable

ANEXO B) Cuestionario de antecedentes neurológicos.

CUESTIONARIO NEUROLÓGICO
LABORATORIO DE NEUROFISIOLOGÍA CLÍNICA, INSTITUTO DE
NEUROCIENCIAS

NOMBRE: _____

CODIGO: _____

FECHA NAC: _____ **EDAD:** _____ **GRADO:** _____

MANUALIDAD: _____

TELÉFONOS: _____

FECHA: _____

➤ **DESARROLLO:**

Considera que fue normal el desarrollo:	Ha recibido tratamiento de:
Del lenguaje: _____	Terapeuta de _____
aprendizaje: _____	
Motor: _____	Psicólogo: _____
Psiquiatra: _____	Neurólogo: _____
Adaptación a la escuela: _____	
Neurocirujano: _____	

Motivo: _____

➤ **ANTECEDENTES PATOLÓGICOS:**

- Al momento del nacimiento presentó hipoxia o ictericia:

- Traumatismo cráneo-encefálico SI ___ NO ___ Edad al momento del evento: _____

 Pérdida de conciencia SI ___ NO ___ Duración: _____

Secuelas: _____

- Cefalea SI ___ NO ___ Frecuencia: _____

- Crisis convulsivas SI ___ NO ___ Frecuencia: _____

Tipo: _____

Tratamiento: _____

- Actualmente toma medicamento: SI ___ NO ___

Cuál: _____

Diagnóstico y tiempo de
tratamiento: _____

- Necesita lentes, aparato para oír o tiene alguna dificultad para mover o usar
alguna de sus extremidades:

- Algún familiar directo presentó en su infancia dificultades para aprender a leer o
problemas de atención.

- Ha presentado alguna vez infección en el oído:

➤ **OBSERVACIONES GENERALES:**

ANEXO C) Hoja de registro para la audiometría.

PROTOCOLO PROYECTO DE PROCESAMIENTO DE ORDEN TEMPORAL-					
TOT					
Nombre: _____					
Edad: _____					
Fecha Nac: _____		Fecha actual: _____		Grado: _____	
Clave: _____					

AUDIOMETRÍA:

Frecuencia	Oído izquierdo	Oído derecho	Frecuencia	Oído izquierdo	Oído derecho
250			2000		
500			4000		
1000			8000		

ANEXO D) Registro para la prueba de diseño con cubos (WISC-IV).

1. Diseño con cubos (Límite de tiempo: véase reactivo)

Inicio
Edades 6-7: reactivo 1
Edades 8-16: reactivo 3

Inversión
Edades 8-16: puntuación de 0 o 1 en cualquiera de los dos primeros reactivos dados, aplique los reactivos anteriores en orden inverso hasta obtener dos puntuaciones consecutivas perfectas

Discontinuación
Después de 3 puntuaciones consecutivas de 0

VERSION TRADUCIDA AL ESPAÑOL

Puntuación
 Reactivos 1-3: puntuación de 0, 1 o 2 puntos
 Reactivos 4-8: puntuación de 0 a 4 puntos
 Reactivos 9-14: puntuación de 0 o la puntuación apropiada de bonificación por tiempo
DCSB
 Reactivos 1-3: puntuación de 0, 1 o 2 puntos
 Reactivos 4-14: puntuación de 0 o 4 puntos

Diseño	Método de presentación	Límite de tiempo	Tiempo de terminación	Diseño correcto	Diseño construido	Puntuación
1. Niño Examinador	Modelo	30"		S N	Ensayo 1 Ensayo 2	Ensayo 2 0 1 2 Ensayo 1
2.	Modelo	45"		S N	Ensayo 1 Ensayo 2	Ensayo 2 0 1 2 Ensayo 1
3.	Modelo y dibujo	45"		S N	Ensayo 1 Ensayo 2	Ensayo 2 0 1 2 Ensayo 1
4.	Dibujo	45"		S N		0 4
5.	Dibujo	45"		S N		0 4
6.	Dibujo	75"		S N		0 4
7.	Dibujo	75"		S N		0 4
8.	Dibujo	75"		S N		0 4
9.	Dibujo	75"		S N		0 31:75 21:30 11:20 1:10 4 5 6 7
10.	Dibujo	75"		S N		0 31:75 21:30 11:20 1:10 4 5 6 7
11.	Dibujo	120"		S N		0 71:120 51:70 31:50 1:30 4 5 6 7
12.	Dibujo	120"		S N		0 71:120 51:70 31:50 1:30 4 5 6 7
13.	Dibujo	120"		S N		0 71:120 51:70 31:50 1:30 4 5 6 7
14.	Dibujo	120"		S N		0 71:120 51:70 31:50 1:30 4 5 6 7

Puntuación natural total (Máxima = 68)

Diseño con cubos sin bonificación por tiempo (DCSB)

Puntuación natural total (Máxima = 50)

3

ANEXO E) Registro para la prueba de vocabulario (WISC-IV).

6. Vocabulario

VERSIÓN TRADUCIDA AL ESPAÑOL

 Inicio
Edades 6-8: reactivo 5
Edades 9-11: reactivo 7
Edades 12-16: reactivo 9

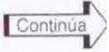
 Inversión
Edades 6-16: puntuación de 0 o 1 en cualquiera de los dos primeros reactivos dados, aplique los reactivos anteriores en orden inverso hasta obtener dos puntuaciones consecutivas perfectas.

 Discontinuation
Después de 5 puntuaciones consecutivas de 0

 Puntuación
Reactivos 1-4: puntuación de 0 o 1 punto
Reactivos 5-36: puntuación de 0, 1 o 2 puntos
Véase el Manual de aplicación para respuestas muestra

Reactivo	Respuesta	Puntuación
Reactivos con dibujos		
1. Coche (auto; automóvil)		0 1
2. Flor		0 1
3. Tren (ferrocarril)		0 1
4. Cubeta (baide)		0 1
Reactivos verbales		
 †5. Reloj		0 1 2
†6. Sombrero		0 1 2
 7. Sombrilla		0 1 2
8. vaca		0 1 2
 9. Bicicleta		0 1 2
10. Abecedario		0 1 2
*11. Dejar		0 1 2
12. Valiente		0 1 2
13. Ladron		0 1 2
14. Obedecer		0 1 2
15. Isla		0 1 2
16. Latoso		0 1 2
17. Disparate		0 1 2

† Si el niño no proporciona una respuesta de 2 puntos, déle la respuesta indicada en el Manual de aplicación.
 * Las respuestas que requieren interrogatorio específico se encuentran identificadas en el Manual de aplicación.

 Continúa

7

6. Vocabulario (continuación)

VERSIÓN TRADUCIDA AL ESPAÑO

Discontinúe después de 5 puntuaciones consecutivas de (

Reactivo	Respuesta	Puntuación
18. Antiguo		0 1 2
19. Parodiar		0 1 2
20. Absorber		0 1 2
21. Fábula		0 1 2
22. Migrar		0 1 2
*23. Preciso		0 1 2
24. Transparente		0 1 2
25. Infrecuente		0 1 2
26. Rivalidad		0 1 2
27. Arduo		0 1 2
28. Previsión		0 1 2
29. Unánime		0 1 2
30. Enmienda		0 1 2
31. Apremiar		0 1 2
*32. Aflicción		0 1 2
*33. Inminente		0 1 2
34. Aberración		0 1 2
35. Locuaz		0 1 2
36. Dilatorio		0 1 2

* Las respuestas que requieren interrogatorio específico se encuentran identificadas en el Manual de aplicación.

Puntuación natural total
(Máxima = 68)

ANEXO F) Hoja de registro de la lateralidad manual.

PRUEBA DE ANNET PARA MANUALIDAD:

Responda con cuál de las manos realiza **habitualmente** cada una de las siguientes actividades marcando con una cruz la columna correspondiente.

Clasificación: _____

	Derecha	Izquierda	Cualquiera
1.- Escribir con lápiz			
2.- Lanzar pelota			
3.- Empuñar raqueta			
4.- Encender cerillos			
5.- Empuñar martillo			
6.- Cepillarse los dientes			
7.- Cortar con tijera			
8.- Ensartar aguja			
9.- Empuñar la escoba			
10.- Empuñar una pala			
11.- Repartir cartas			
12.- Desenroscar una tapa			

ANEXO G) Guía para la aplicación de la prueba conductual TOT.

GRUPO DE EDAD: _____

GÉNERO: _____

Instrucciones:

“Vas a escuchar una secuencia de tres sonidos en el oído derecho (o izquierdo). Esos tres sonidos serán altos y bajos (largos y cortos). Los sonidos que vas a escuchar pueden ser la vocal “A”, un sonido de trompeta o un “beep”. Presionando la pantalla me dirás la imagen que crees que corresponde a la secuencia de los tres sonidos que escuchaste. Pon mucha atención porque en cuanto respondas se escuchara una nueva secuencia de sonidos que no puedo repetir. Primero vas a hacer algunos ensayos de práctica para que comprendas mejor lo que debes hacer. Cuando estés listo, puedes comenzar”

Sujeto	oído	condición	estímulo	
1.	IZQ	ALTURA	VOCAL	
Nombre:	IZQ	ALTURA	TROMPETA	
Edad:	IZQ	ALTURA	TONO PURO	
Grado:	DER	DURACIÓN	VOCAL	
Clave:	DER	DURACIÓN	TROMPETA	
Evaluador:	DER	DURACIÓN	TONO PURO	
2.	IZQ	ALTURA	TROMPETA	
Nombre:	IZQ	ALTURA	TONO PURO	
Edad:	IZQ	ALTURA	VOCAL	
Grado:	DER	DURACIÓN	TROMPETA	
Clave:	DER	DURACIÓN	TONO PURO	
Evaluador:	DER	DURACIÓN	VOCAL	
3.	IZQ	ALTURA	TONO PURO	
Nombre:	IZQ	ALTURA	VOCAL	
Edad:	IZQ	ALTURA	TROMPETA	
Grado:	DER	DURACIÓN	TONO PURO	
Clave:	DER	DURACIÓN	VOCAL	
Evaluador:	DER	DURACIÓN	TROMPETA	
4.	DER	DURACIÓN	VOCAL	
Nombre:	DER	DURACIÓN	TROMPETA	
Edad:	DER	DURACIÓN	TONO PURO	
Grado:	IZQ	ALTURA	VOCAL	
Clave:	IZQ	ALTURA	TROMPETA	

Evaluador:	IZQ	ALTURA	TONO PURO	
5.	DER	DURACIÓN	TROMPETA	
Nombre:	DER	DURACIÓN	TONO PURO	
Edad:	DER	DURACIÓN	VOCAL	
Grado:	IZQ	ALTURA	TROMPETA	
Clave:	IZQ	ALTURA	TONO PURO	
Evaluador:	IZQ	ALTURA	VOCAL	
6.	DER	DURACIÓN	TONO PURO	
Nombre:	DER	DURACIÓN	VOCAL	
Edad:	DER	DURACIÓN	TROMPETA	
Grado:	IZQ	ALTURA	TONO PURO	
Clave:	IZQ	ALTURA	VOCAL	
Evaluador:	IZQ	ALTURA	TROMPETA	
7.	DER	ALTURA	VOCAL	
Nombre:	DER	ALTURA	TROMPETA	
Edad:	DER	ALTURA	TONO PURO	
Grado:	IZQ	DURACIÓN	VOCAL	
Clave:	IZQ	DURACIÓN	TROMPETA	
Evaluador:	IZQ	DURACIÓN	TONO PURO	
8.	DER	ALTURA	TROMPETA	
Nombre:	DER	ALTURA	TONO PURO	
Edad:	DER	ALTURA	VOCAL	
Grado:	IZQ	DURACIÓN	TROMPETA	
Clave:	IZQ	DURACIÓN	TONO PURO	
Evaluador:	IZQ	DURACIÓN	VOCAL	
9.	DER	ALTURA	TONO PURO	
Nombre:	DER	ALTURA	VOCAL	
Edad:	DER	ALTURA	TROMPETA	
Grado:	IZQ	DURACIÓN	TONO PURO	
Clave:	IZQ	DURACIÓN	VOCAL	
Evaluador:	IZQ	DURACIÓN	TROMPETA	
10.	IZQ	DURACIÓN	VOCAL	
Nombre:	IZQ	DURACIÓN	TROMPETA	
Edad:	IZQ	DURACIÓN	TONO PURO	
Grado:	DER	ALTURA	VOCAL	
Clave:	DER	ALTURA	TROMPETA	
Evaluador:	DER	ALTURA	TONO PURO	
11.	IZQ	DURACIÓN	TROMPETA	

Nombre:	IZQ	DURACIÓN	TONO PURO	
Edad:	IZQ	DURACIÓN	VOCAL	
Grado:	DER	ALTURA	TROMPETA	
Clave:	DER	ALTURA	TONO PURO	
Evaluador:	DER	ALTURA	VOCAL	
12.	IZQ	DURACIÓN	TONO PURO	
Nombre:	IZQ	DURACIÓN	VOCAL	
Edad:	IZQ	DURACIÓN	TROMPETA	
Grado:	DER	ALTURA	TONO PURO	
Clave:	DER	ALTURA	VOCAL	
Evaluador:	DER	ALTURA	TROMPETA	
13.	IZQ	ALTURA	VOCAL	
Nombre:	IZQ	ALTURA	TROMPETA	
Edad:	IZQ	ALTURA	TONO PURO	
Grado:	DER	DURACIÓN	VOCAL	
Clave:	DER	DURACIÓN	TROMPETA	
Evaluador:	DER	DURACIÓN	TONO PURO	
14.	DER	DURACIÓN	TROMPETA	
Nombre:	DER	DURACIÓN	TONO PURO	
Edad:	DER	DURACIÓN	VOCAL	
Grado:	IZQ	ALTURA	TROMPETA	
Clave:	IZQ	ALTURA	TONO PURO	
Evaluador:	IZQ	ALTURA	VOCAL	
15.	DER	ALTURA	TONO PURO	
Nombre:	DER	ALTURA	VOCAL	
Edad:	DER	ALTURA	TROMPETA	
Grado:	IZQ	DURACIÓN	TONO PURO	
Clave:	IZQ	DURACIÓN	VOCAL	
Evaluador:	IZQ	DURACIÓN	TROMPETA	

ANEXO H) Acta del comité de ética.



UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA
CENTRO UNIVERSITARIO DE CIENCIAS
BIOLÓGICAS Y AGROPECUARIAS

INSTITUTO DE NEUROCIENCIAS

COMITÉ DE ÉTICA

DICTAMEN DEL COMITÉ DE ÉTICA AL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Procesamiento temporal auditivo en escolares.

CON NÚMERO DE REGISTRO ET022007-34

RESPONSABLE Dra. Esmeralda Matute

NOMBRE DEL ALUMNO Carlos Gallegos Salmón

APROBADO SIN MODIFICACIONES

RECHAZADO

SUGERENCIAS:

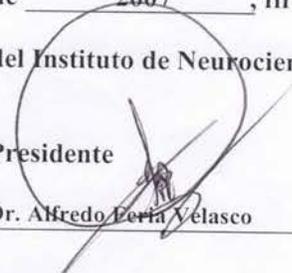
[Handwritten signatures and initials on the left margin]

RECHAZADO DEBIDO A: _____

En caso de haber sido evaluado con sugerencias, se requiere someter a re-evaluación el proyecto de investigación, en primera instancia, al comité tutelar y posteriormente al Comité de Ética en un lapso máximo de 2 semanas a partir de esta fecha.

Se emite el presente DICTAMEN el día 23 de febrero
de 2007, firmando los integrantes del Comité de Ética
del Instituto de Neurociencias.

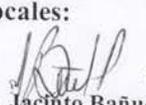
Presidente

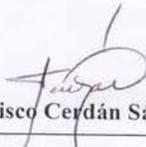

Dr. Alfredo Feria Velasco

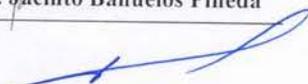
Secretaria


Dra. Marisela Hernández González

Vocales:


Dr. Jacinto Bañuelos Pineda


Dr. Luis Francisco Cerdán Sánchez


Dr. Andrés A. González Garrido


Dr. Jorge Juárez González

Ccp. Comité Tutelar correspondiente.