Rev. Otorrinolaringol. Cir. Cabeza Cuello 2022; 82: 311-323

Valores normativos de pruebas conductuales de procesamiento auditivo para niños chilenos entre 7 y 12 años: una propuesta inicial

Normative values of auditory processing behavioral tests for Chilean children between 7 and 12 years old: an initial proposal

Anthony Marcotti F.[1,2,4], Bernardita Alvear V.[3], Nicole Vargas F.[2], Tania Puebla S.[4]

Resumen

Introducción: El trastorno del procesamiento auditivo en niños está relacionado con trastornos de lenguaje, bajo rendimiento académico, trastornos de aprendizaje y dificultades psicosociales. Existe consenso internacional sobre la utilidad de las pruebas conductuales para su evaluación y diagnóstico. **Objetivo:** Establecer valores normativos para pruebas conductuales de procesamiento auditivo en población pediátrica chilena con neurodesarrollo y audición normal. **Material y Método:** Se realizó un estudio observacional de corte transversal. Participaron 153 sujetos entre 7 y 12 años de la Región Metropolitana. Se estudiaron las pruebas de patrones de frecuencia, habla filtrada y dígitos dicóticos. Se construyeron modelos de regresión fraccional para estimar los valores normativos y además se calcularon los puntajes de corte en los percentiles 2.5, 5 y 10. **Resultados:** No se evidenciaron diferencias significativas entre oídos para las pruebas estudiadas a excepción de la prueba de dígitos dicóticos. Se construyeron modelos únicos para las pruebas patrones de frecuencia y habla filtrada, y modelos independientes para cada oído para la prueba dígitos dicóticos. Todas las estimaciones resultaron significativas y tuvieron niveles aceptables de precisión. **Conclusión:** Se obtuvieron los valores normativos y puntajes de corte para las tres pruebas estudiadas. Los valores obtenidos fueron similares a los reportados en otras poblaciones considerando los efectos de oído, de edad, sexo y escolaridad.

Palabras clave: procesamiento auditivo, trastorno del procesamiento auditivo, patrones de frecuencia, habla filtrada, dígitos dicóticos.

Abstract

Introduction: *Auditory processing disorder in children is related to language disorders, poor academic performance, learning disorders, and psychosocial difficulties. There is international consensus on the usefulness of behavioral tests for their evaluation and diagnosis.* ***Aim:*** *To establish normative values for auditory processing behavioral tests in Chilean pediatric population with normal neurodevelopment and hearing thresholds.* ***Material and Method:*** *An observational cross-sectional study was carried out. One hundred fifty-three subjects between 7 and 12 years old from the Metropolitan Region participated. Frequency pattern tests, filtered speech, and dichotic digits were studied. Fractional regression models were built to estimate the normative values, and cut-off scores were also calculated at the 2.5, 5, and 10 percentiles.* ***Results:*** *There were no significant differences between ears for the tests studied except for the dichotic digits test. Single models were built for the frequency and filtered speech patterns tests and independent models for each ear for the dichotic digit test. All estimates were significant and had acceptable levels of precision.* ***Conclusion:*** *The normative values and cut-off scores were obtained for the three tests studied. The values obtained were similar to those reported in other populations considering the effects of ear, age, sex, and education.*

Keywords: *auditory processing, auditory processing disorder, frequency patterns, filtered speech, dichotic digits.*

[1]Carrera de Fonoaudiología, Departamento de Ciencias de la Salud, Facultad de Medicina, Pontificia Universidad Católica de Chile. Santiago, Chile.
[2]Escuela de Fonoaudiología, Facultad de Salud y Ciencias Sociales, Universidad de las Américas. Santiago, Chile.
[3]Departamento de Fonoaudiología, Facultad de Medicina, Universidad de Chile. Santiago, Chile
[4]Centro de Estudios Audiológicos DETEC. Santiago, Chile.

Los autores declaran no tener conflictos de interés.

Recibido el 9 de julio de 2021. Aceptado el 10 de febrero de 2022.

Correspondencia:
Anthony Marcotti F.
Departamento de Ciencias de la Salud, Pontificia Universidad Católica de Chile.
Av. Vicuña Mackenna 4860, Macul. Santiago, Chile.
Email: anthony.marcotti@uc.cl

Introducción

Una de las primeras definiciones del trastorno del procesamiento auditivo (TPA) fue introducida por la *American Speech-Language-Hearing Association* (ASHA)[1] y adoptada también por la *American Academy of Audiology* (AAA)[2]. Ambas definen el TPA como una dificultad en el procesamiento perceptual de la información auditiva en el sistema nervioso central evidenciada en un rendimiento deficitario en una serie de habilidades auditivas discretas. Sin embargo, actualmente se cuestiona la utilidad que esta y otras definiciones de TPA tendrían en un contexto clínico debido a que, entre otras cosas, no constituiría una entidad clínica propiamente tal[3].

La declaración de consenso de la *New Zealand Audiological Society* plantea que el TPA es un término genérico utilizado para englobar los trastornos auditivos que resultan del procesamiento atípico de la información auditiva en el cerebro, los cuales repercuten tanto en la actividad como en la participación[4]. Esto último es similar a lo planteado por la *Federation of Dutch Audiological Centres*, que menciona que el TPA no es una etiqueta diagnóstica adecuada y que "dificultades de escucha" es un mejor término para referirse a estas y otras repercusiones que estas mismas dificultades producen[5]. Por otro lado, la *British Society of Audiology* sigue utilizando el término TPA para referirse a una entidad con múltiples causas y formas de presentación[6].

A pesar de que la controversia en relación con la utilización del diagnóstico de TPA aún dista mucho de resolverse, existen al menos dos puntos en los que las posturas internacionales coinciden. El primero tiene que ver con el reconocimiento de dificultades auditivas que repercuten a nivel de función, actividad y participación. Dentro de estas se destaca la dificultad de percepción de habla en ruido, problemas atencionales o de memoria para instrucciones verbales, fatiga auditiva, problemas para interpretar pistas prosódicas, tolerancia reducida a los sonidos, dificultad de localización sonora, entre otras[1,2,4-6]. Además, se ha precisado que, en población pediátrica, estas dificultades están relacionadas con trastornos de lenguaje, bajo rendimiento académico, trastornos de aprendizaje y dificultades psicosociales[4,6].

Un segundo punto de acuerdo transversal es la forma de evaluación de estas dificultades. La mayoría de las posturas coinciden en la utilidad de las pruebas conductuales. Algunos documentos mencionan la necesidad de utilizar una batería de evaluación compuesta por varias pruebas[1,2,4]. Otros no mencionan explícitamente una batería, pero destacan la utilidad de pruebas con estímulos verbales como, por ejemplo, las pruebas de habla en ruido[5,6]. Independiente si la evaluación se realiza a través de una batería o de pruebas individuales, es necesario que el audiólogo tenga claridad sobre la pertinencia de las pruebas disponibles para una determinada población y de sus valores normativos. Este punto representa una de las principales limitaciones para la utilización de las pruebas conductuales de procesamiento auditivo en población pediátrica chilena, ya que, a la fecha, no existen publicaciones que presenten propuestas de valores normativos locales.

Objetivo

El objetivo del presente estudio fue establecer valores normativos para pruebas conductuales de procesamiento auditivo en niños chilenos entre 7 y 12 años con neurodesarrollo y audición normal.

Material y Método

Se realizó un estudio observacional de corte transversal. El protocolo del estudio fue aprobado por el Comité Ético-Científico de la Universidad de las Américas (ID 2021001). Todos los participantes debieron entregar libremente su asentimiento y los tutores legales debieron firmar un consentimiento informado.

Participantes

Se realizó un muestreo no probabilístico por conveniencia enviando una carta de invitación para participar en el estudio a todos los padres de niños entre 7 y 12 años estudiantes de tres colegios particulares subvencionados de las comunas de Independencia y Recoleta en la Región Metropolitana, establecimientos que ya habían trabajado con anterioridad con

la Universidad de las Américas. Se seleccionó además este tipo de institución debido a que la mayoría de los niños chilenos asiste a establecimientos subvencionados[7]. Se recibieron 160 respuestas aceptando participar en el estudio. Se excluyó a aquellos niños que tuvieron un promedio tonal puro (PTA) entre 500 y 4000 Hz mayor a 20 dB HL en algún oído, aquellos que no obtuvieron un timpanograma con curvas tipo "A" o presencia de reflejos acústicos ipsilaterales, menores con historial reciente (últimos 6 meses) de patología de oído medio y/o con diagnóstico actual o pasado de alguna alteración del neurodesarrollo.

Instrumentos y procedimientos

Los procedimientos se llevaron a cabo en las dependencias de cada colegio participante. Al no contar con cabina silente, se destinó y habilitó la biblioteca de los establecimientos para los fines exclusivos de este estudio durante horarios que permitieron un nivel máximo de ruido de 45 dBA durante la evaluación[8]. Se utilizó para estas mediciones un sonómetro *Amprobe* SM-10. Se utilizó un audiómetro *Resonance®* r27a con auriculares TDH-39. Para obtener los timpanogramas y los reflejos acústicos se utilizó un equipo *Titan de Interacoustics®* con el módulo IMP440. Se utilizaron pruebas de procesamiento auditivo en formato mp3 con calidad de 320 kbps y fueron reproducidas en una *Tablet Samsung Galaxy Note* 10.1 conectada al input CD del audiómetro a través de un cable 2 RCA a *Mini Jack* de 3,5 mm.

Para facilitar su utilización clínica, se seleccionaron pruebas de tiempos cortos de aplicación y con buenos indicadores de sensibilidad y especificidad. Si bien no se encontraron reportes de estos últimos indicadores para población chilena, se tomó como referencia el estudio de Musiek y colaboradores[9] realizado en población norteamericana, en el cual se documentó la sensibilidad y especificidad para distintas combinaciones de pruebas. Según estos criterios y, considerando la disponibilidad en español, se seleccionaron las pruebas de patrones de frecuencia (PF), habla filtrada (HF) y dígitos dicóticos (DD) de *Auditec*[10,11], que evalúan las habilidades de ordenamiento temporal, separación/cierre monoaural y separación/integración binaural, respectivamente.

Se utilizó la versión pediátrica de la prueba PF compuesta por 30 ítems para cada oído. Cada ítem está conformado por secuencias de 3 tonos de 1.430 Hz o 880 Hz y la tarea de los sujetos es verbalizarlos ("agudo" para tonos de 1.430 Hz y "grave" para los de 880 Hz) en el mismo orden que fueron presentados. Los sujetos tuvieron la oportunidad de completar 10 ítems de práctica para familiarizarse con la prueba. Cada ítem correcto equivale a un puntaje de 3,3%, siendo el puntaje máximo por oído de 100%. El tiempo estimado para completar la prueba, incluida la práctica, fue de 11 minutos.

La prueba de HF consiste en dos listados de 25 monosílabos, uno para cada oído, sometidos a un filtro de pasa baja de 500 Hz con una pendiente de 45 dB/octava. Los sujetos debieron repetir las palabras escuchadas. Cada palabra correcta tomó un valor de 4% con un puntaje máximo posible para cada listado de 100%. La duración promedio de esta prueba fue de 4 minutos.

La prueba de DD consiste en 20 ítems de 4 dígitos cada uno, los cuales son presentados en pares de manera simultánea en cada oído. Antes de la prueba, los sujetos pudieron completar 4 ítems de práctica. Los sujetos debieron repetir todos los dígitos escuchados, sin importar su orden. Se calcularon puntuaciones independientes para cada oído, en el cual cada dígito repetido correctamente tomó un valor de 2,5% y, al igual que las otras pruebas, el puntaje máximo posible es de 100%. Su duración aproximada fue de 5 minutos.

Todas las pruebas fueron realizadas a una intensidad de 50 dB HL sobre el PTA y siempre fueron presentadas en el mismo orden: PF, HF y, finalmente, DD. En el caso de las pruebas PF y HF, se aleatorizó el oído de inicio, ya que, al menos en la prueba HF, se ha evidenciado un efecto de aprendizaje resultante en puntajes más altos para el segundo oído evaluado[12].

Análisis estadístico

Los análisis fueron realizados con el *software Stata* v16.1. Se utilizó la prueba de Mann-Whitney para comparar puntajes por sexo y la prueba de Wilcoxon para comparaciones entre oídos. Se utilizó un ANOVA para dos factores y una prueba de Friedman para comparar oídos (según la distribución) ajustando por la variable "primer oído eva-

luado". Se utilizó la prueba de Spearman (rho) para determinar el grado de correlación entre edad y escolaridad y así evaluar una posible multicolinealidad.

Si bien la forma clásica para obtener valores normativos es a través de la utilización de una o más covariables (por ejemplo, sexo, edad o escolaridad) para definir distintos subgrupos y así estimar la distribución condicional de los puntajes brutos y estadígrafos para cada uno[13], en el presente estudio se optó por utilizar una normalización basada en regresión[14]. Una de las ventajas de este método es que permite incluir covariables sin la necesidad de categorizarlas y evitar la toma de decisiones arbitrarias como, por ejemplo, la de establecer subgrupos etarios asumiendo comportamientos homogéneos[15]. Por otro lado, estos modelos permiten realizar estimaciones utilizando la muestra completa para cada uno de los valores posibles de las covariables, por lo que se requiere menores tamaños muestrales[16].

Se construyeron modelos de regresión fraccional[17] considerando el puntaje de cada prueba como variable dependiente y la edad como variable independiente. En cada modelo se estimaron las medias condicionadas (puntaje predicho) para todas las edades estudiadas. Se calcularon los residuos (diferencias) entre los valores observados de las variables dependientes y los valores de las medias condicionadas. Para los coeficientes de los modelos y para las medias condicionadas se obtuvieron los intervalos de confianza al 95% (IC 95%) a través de la misma regresión.

Finalmente, se calcularon como puntajes de corte los percentiles 2,5 (p2,5), utilizados con anterioridad en otras propuestas de valores normativos por corresponder a 1,96 desviaciones estándar (DE) en una distribución normal[18], y los percentiles 5 (p.5,0) y 10 (p10,0) por ser los más utilizados tanto en las evaluaciones psicométricas clásicas como en otras propuestas de valores de referenciales[19,20]. Estas estimaciones, así como sus respectivos IC 95%, fueron obtenidos utilizando la técnica de simulación de muestreo (*bootstrapping*) con 10.000 repeticiones.

Resultados

De los 160 participantes, se excluyeron dos por tener historial de trastorno del lenguaje, uno por diagnóstico de déficit atencional y cuatro por tener alteraciones en los umbrales auditivos, en los timpanogramas o ausencia de reflejos acústicos. Finalmente, se analizaron los datos de 153 sujetos que cumplieron con los criterios establecidos. El número de sujetos por edad, sexo, lateralidad y nivel educativo se puede observar en la Tabla 1.

Los resultados de las tres pruebas estu-

Tabla 1. Estadística descriptiva de la muestra

	7 años	8 años	9 años	10 años	11 años	12 años
Sexo						
Hombres	9 (45,0%)	8 (38,1%)	17 (56,7%)	19 (52,7%)	9 (37,5%)	11 (50,0%)
Mujeres	11 (55,0%)	13 (61,9%)	13 (43,3%)	17 (47,3%)	15 (62,5%)	11 (50,0%)
Lateralidad						
Diestra	17 (85,0%)	20 (92,2%)	29 (96,7%)	35 (97,2%)	21 (87,5%)	21 (95,5%)
Zurda	2 (10,0%)	1 (4,8%)	1 (3,3%)	1 (2,8%)	3 (12,5%)	-
Ambidiestra	1 (5,0%)	-	-	-	-	1 (4,5%)
Escolaridad						
2° Básico	20 (100,0%)	7 (33,3%)	-	-	-	-
3° Básico	-	14 (66,7%)	10 (33,3%)	4 (11,1%)	-	-
4° Básico	-	-	20 (66,6%)	26 (72,2%)	3 (12,5%)	-
5° Básico	-	-	-	6 (16,7%)	10 (41,7%)	-
6° Básico	-	-	-	-	11 (45,8%)	11 (50,0%)
7° Básico	-	-	-	-	-	11 (50,0%)
Total	20 (100,0%)	21 (100,0%)	30 (100,0%)	36 (100,0%)	24 (100,0%)	22 (100,0%)

diadas se pueden observar en la Figura 1. En ninguna prueba se evidenciaron diferencias por sexo (p = ≥ 0,05), por lo que no se utilizó como variable predictora. Entre la variable escolaridad y edad se obtuvo un coeficiente de correlación *rho* = 0,924 (p < 0,005), por lo que la escolaridad tampoco fue considerada como predictor para evitar multicolinealidad. Debido al escaso número de sujetos con lateralidad zurda o ambidiestra, tampoco se consideró esta variable para los modelos.

Se evidenciaron diferencias significativas entre oídos en la prueba PF para los sujetos de 7 (z = -2,388, p = 0,015), 8 (z = -2,483, p = 0,011) y 9 años (z = -2,016, p = 0,046). En la prueba HF, se evidenciaron diferencias para los sujetos de 7 (z = -2,160, p = 0,029), 11 (z = 2,156, p = 0,029) y 12 años (z = -2,663, p = 0,006). Sin embargo, al ajustar por la variable primer oído evaluado, no se evidenciaron diferencias para ninguna edad en ninguna de las dos pruebas. En la prueba DD, se evidenciaron diferencias por oído para los sujetos de 7 (z = 2,467, p = 0,011), 8 (z = 2,859, p < 0,005) y 9 años (z = 2,844, p < 0,005). Debido a esto, se optó por construir un único modelo para las pruebas PF y HF, y un modelo para cada oído en la prueba DD.

Modelos de regresión

En relación con la prueba PF, se obtuvo un modelo significativo con un p < 0,005 y un Chi^2 = 215,72. Para la prueba HF también se obtuvo un modelo significativo con un p = 0,000 y un Chi^2 = 60,84. Finalmente, la prueba DD también obtuvo un modelo significativo en ambos oídos, con un p < 0,005 y Chi^2 = 27,63 para el derecho, y un p = <0,005 y Chi^2 = 59,82 para el izquierdo. El detalle de los modelos se puede observar en la Tabla 2.

Medias condicionadas y residuos

Para cada uno de los modelos se calcularon las medias condicionadas, es decir, el puntaje esperado en cada una de las pruebas según la edad del sujeto (Tabla 3). Todas las predicciones resultaron significativas (p < 0,005). En la Figura 2, se puede apreciar la tendencia del rendimiento en cada una de las pruebas según la edad a partir de estas estimaciones con sus respectivos IC 95%. Luego, se calcularon los residuos (diferencias entre valores predichos y observados) para cada modelo. Todos obtuvieron una distribución asimétrica (Shapiro-Wilk con p < 0,05). Finalmente, se calcularon los p2,5, p5,0 y p10,0 de los residuos de cada modelo (Tabla 4).

Valores normativos

Para facilitar la interpretación y la utilización clínica de estas estimaciones, se utilizaron los percentiles de los residuos para determinar el puntaje exacto correspondiente

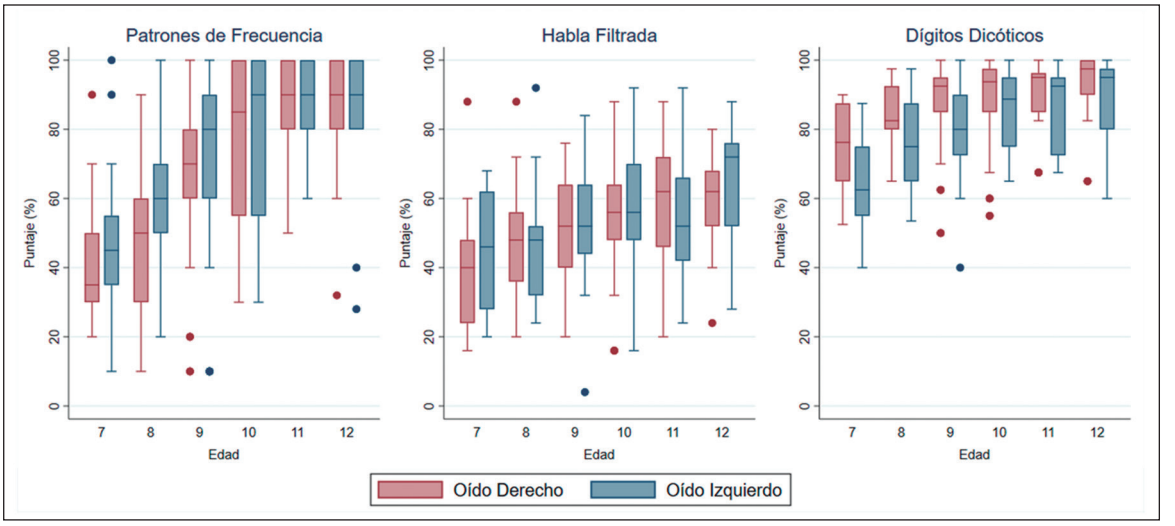

Figura 1. Distribuciones de los puntajes obtenidos para las pruebas de patrones de frecuencia, habla filtrada y dígitos dicóticos en cada edad estudiada.

Tabla 2. Modelos de regresión con el puntaje de las pruebas de procesamiento auditivo como variable dependiente y la edad como variable independiente

Prueba		Ambos Oídos β	z	p	IC 95%	Oído Derecho β	z	p	IC 95%	Oído Izquierdo β	z	p	IC 95%
PF	Edad	0,316	14,69	0,000	0,274; 0,358	-	-	-	-	-	-	-	-
	Const.	-2,312	-11,86	0,000	-2,694; -1,913	-	-	-	-	-	-	-	-
HF	Edad	0,112	7,80	0,000	0,084; 0,140	-	-	-	-	-	-	-	-
	Const.	-0,956	-6,82	0,000	-1,231; -0,681	-	-	-	-	-	-	-	-
DD	Edad	-	-	-	-	0,139	5,41	0,000	0,089; 0,190	0,183	7,73	0,000	0,137; 0,230
	Const.	-	-	-	-	-0,707	-3,60	0,000	-1,130; -0,275	-0,807	-3,70	0,000	-1,235; -0,380

PF: patrones de frecuencia; HF: habla filtrada; DD: dígitos dicóticos; β: pendiente de regresión; z: puntuación estándar; p: significancia; IC 95%: intervalo de confianza al 95%.

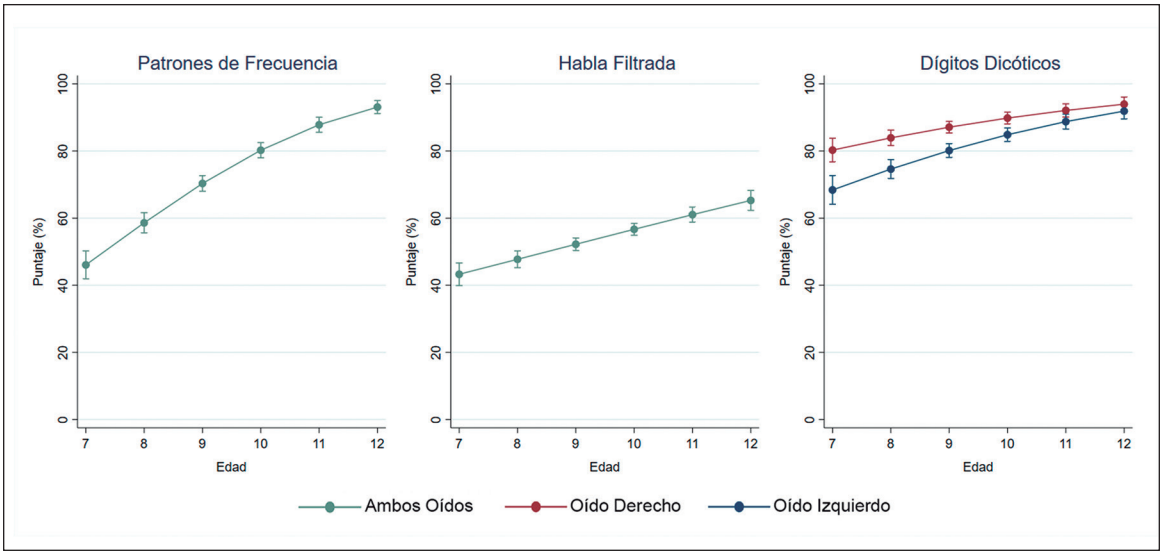

Figura 2. Estimaciones de los puntajes esperados (medias condicionadas) y sus respectivos intervalos de confianza (IC 95%) para las pruebas de patrones de frecuencia, habla filtrada y dígitos dicóticos en cada edad estudiada.

a cada uno. Por ejemplo, el p2,5 de los residuos para el modelo de la prueba HF fue de -0,249 (Tabla 4), es decir, el p2,5 se encuentra un 24,9% por debajo de lo estimado por el modelo. De esta forma, si el puntaje esperado de un sujeto de 7 años es de 0,432 (Tabla 3), el p2,5 se encontrará 0,249 puntos por debajo de esta estimación, correspondiendo a 0,183 (o 18,3%). Estos valores ya calculados se presentan en la Tabla 5.

Tabla 3. Puntaje estimado (medias condicionadas) de los modelos de regresión para cada una de las edades estudiadas

		Ambos Oídos				Oído Derecho				Oído Izquierdo			
Prueba	Edad	M.C.	z	p	IC 95%	M.C.	z	p	IC 95%	M.C.	z	p	IC 95%
PF	7	0,460	21,68	0,000	0,419; 0,502	-	-	-	-	-	-	-	-
	8	0,586	38,13	0,000	0,555; 0,616	-	-	-	-	-	-	-	-
	9	0,703	59,31	0,000	0,680; 0,726	-	-	-	-	-	-	-	-
	10	0,802	69,60	0,000	0,779; 0,824	-	-	-	-	-	-	-	-
	11	0,878	76,92	0,000	0,855; 0,900	-	-	-	-	-	-	-	-
	12	0,930	93,65	0,000	0,911; 0,950	-	-	-	-	-	-	-	-
HF	7	0,432	25,20	0,000	0,399; 0,466	-	-	-	-	-	-	-	-
	8	0,477	37,33	0,000	0,452; 0,502	-	-	-	-	-	-	-	-
	9	0,522	54,91	0,000	0,503; 0,540	-	-	-	-	-	-	-	-
	10	0,566	62,88	0,000	0,548; 0,584	-	-	-	-	-	-	-	-
	11	0,610	53,17	0,000	0,587; 0,632	-	-	-	-	-	-	-	-
	12	0,652	43,10	0,000	0,623; 0,682	-	-	-	-	-	-	-	-
DD	7	-	-	-	-	0,802	44,63	0,000	0,767; 0,837	0,683	31,33	0,000	0,641; 0,726
	8	-	-	-	-	0,839	71,55	0,000	0,816; 0,862	0,746	51,83	0,000	0,717; 0,774
	9	-	-	-	-	0,871	98,73	0,000	0,853; 0,888	0,801	76,70	0,000	0,780; 0,821
	10	-	-	-	-	0,898	100,16	0,000	0,880; 0,915	0,848	82,58	0,000	0,828; 0,868
	11	-	-	-	-	0,920	91,49	0,000	0,901; 0,940	0,887	77,92	0,000	0,865; 0,909
	12	-	-	-	-	0,939	87,02	0,000	0,918; 0,960	0,918	76,89	0,000	0,895; 0,942

PF: patrones de frecuencia; HF: habla filtrada; DD: dígitos dicóticos; M.C.: media condicionada; z: puntuación estándar; p: significancia; IC 95%: intervalo de confianza al 95%.

Tabla 4. Percentiles 2,5, 5,0 y 10,0 de los residuos de cada uno de los modelos de regresión

		Ambos Oídos				Oído Derecho				Oído Izquierdo			
Prueba	Percentil	Coef.	z	p	IC 95%	Coef.	z	p	IC 95%	Coef.	z	p	IC 95%
PF_A	p2,5	-0,386	-11,65	0,000	-0,451; -0,320	-	-	-	-	-	-	-	-
	p5,0	-0,303	-16,56	0,000	-0,339; -0,266	-	-	-	-	-	-	-	-
	p10,0	-0,260	-7,59	0,000	-0,327; -0,193	-	-	-	-	-	-	-	-
HF	p2,5	-0,252	-15,68	0,000	-0,284; -0,221	-	-	-	-	-	-	-	-
	p5,0	-0,237	-24,22	0,000	-0,256; -0,218	-	-	-	-	-	-	-	-
	p10,0	-0,202	-19,01	0,000	-0,222; -0,181	-	-	-	-	-	-	-	-
DD	p2,5	-	-	-	-	-0,245	-21,46	0,000	-0,268; -0,223	-0,212	-34,92	0,000	-0,224; -0,200
	p5,0	-	-	-	-	-0,223	-9,18	0,000	-0,270; -0,175	-0,201	-34,98	0,000	-0,212; -0,190
	p10,0	-	-	-	-	-0,171	-6,52	0,000	-0,222; -0,119	-0,183	-11,23	0,000	-0,216; -0,151

PF: patrones de frecuencia; HF: habla filtrada; DD: dígitos dicóticos; Coef.: coeficiente observado; z: puntuación estándar; p: significancia; IC 95%: intervalo de confianza al 95%.

Discusión

Efecto de edad

Como se evidenció en los modelos (Tabla 2), existe un efecto de la edad sobre el rendimiento de todas las pruebas. La prueba PF fue la más influenciada, presentando un aumento paulatino del rendimiento hasta llegar a valores similares a los reportados para población nacional adulta[19]. Este hallazgo ya ha sido informado en niños noruegos[18] y estadounidenses[22], en donde la explicación ha sido atribuida a aspectos neuromaduracionales del sistema auditivo y, específicamente, a la maduración de la habilidad de discriminación de frecuencias que tiende a completarse alrededor de los 10 años[18]. En niños polacos, no se logró evidenciar este efecto[21], sugiriendo que la discriminación de frecuencia podría también sustentarse en factores no relacionados con la edad como, por ejemplo, el contexto en el cual los individuos se desarrollaron durante su primera infancia. En población neerlandesa[20] tampoco se evidenció un efecto de edad, pero atribuido a un "efecto techo" en las puntuaciones.

En la prueba HF también se evidenció un efecto de la edad sobre el rendimiento, menor que el observado en la prueba PF, pero consistente en todas las edades (Figura 2). Esto también ha sido reportado en niños neerlandeses[20] y estadounidenses[23]. Además, se observó que los puntajes de los sujetos de 12 años se encuentran por debajo de lo esperado para la población nacional adulta[19], lo que también ha sido descrito en niños neerlandeses[20]. Si bien otros autores no han planteado alguna explicación para esto, es razonable hipotetizar que tanto el aumento de las habilidades metalingüísticas y del repertorio semántico que se adquiere con los años sería un factor influyente en el aumento paulatino del desempeño en esta prueba. Se debe tener presente que el desempeño de las pruebas monoaurales de habla de baja redundancia depende tanto de

Tabla 5, Propuesta de puntajes de corte utilizando los percentiles 2,5, 5,0 y 10,0 con sus respectivos intervalos de confianza

		Ambos Oídos						Oído Derecho						Oído Izquierdo					
Prueba	**Edad**	**p2,5**	**IC 95%**	**p5,0**	**IC 95%**	**p10,0**	**IC 95%**	**p2,5**	**IC 95%**	**p5,0**	**IC 95%**	**p10,0**	**IC 95%**	**p2,5**	**IC 95%**	**p5,0**	**IC 95%**	**p10,0**	**IC 95%**
PF	7	7,4	3,3; 11,6	15,7	11,6; 19,9	20,0	15,9; 24,2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	8	20,0	16,9; 23,0	28,3	25,2; 31,3	33,6	29,5; 35,6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	9	31,7	29,4; 34,0	40,0	37,7; 42,3	44,3	42,0; 46,6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	10	41,6	39,3; 43,8	49,9	47,6; 52,1	54,2	51,9; 56,4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	11	49,2	46,9; 51,4	57,5	55,2; 59,7	61,8	59,5; 64,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	12	54,4	52,5; 56,4	62,7	60,8; 64,7	67,0	65,1; 69,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
HF	7	18,0	14,7; 21,4	19,5	16,2; 22,9	23,0	19,7; 26,4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	8	22,5	20,0; 25,0	24,0	21,5; 26,5	27,5	25,0; 30,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	9	27,0	25,1; 28,8	28,5	26,6; 30,3	32,0	30,1; 33,8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	10	31,4	29,6; 33,2	32,9	31,1; 34,7	36,4	34,6; 38,2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	11	36,8	33,5; 38,0	37,3	35,0; 39,5	40,8	38,5; 43,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	12	40,0	37,1; 43,0	41,5	38,6; 44,5	45,0	42,1; 48,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
DD	7	-	-	-	-	-	-	55,7	53,3; 58,0	57,9	53,2; 62,7	63,1	58,1; 68,2	47,1	45,9; 48,3	48,2	47,1; 49,3	50,0	46,8; 53,1
	8	-	-	-	-	-	-	59,4	57,0; 61,7	61,6	56,9; 66,4	66,8	61,8; 71,9	53,4	53,4; 54,6	54,5	53,4; 55,6	56,3	53,1; 59,4
	9	-	-	-	-	-	-	62,6	60,2; 64,9	64,8	60,0; 69,6	70,0	65,0; 75,1	58,9	57,7; 60,1	60,0	58,9; 61,1	61,8	58,6; 64,9
	10	-	-	-	-	-	-	65,3	62,9; 67,6	67,5	62,8; 72,3	72,7	67,7; 77,8	63,6	62,4; 64,8	64,7	63,6; 65,8	66,5	63,3; 69,6
	11	-	-	-	-	-	-	67,5	65,1; 69,8	69,7	65,0; 74,5	74,9	69,9; 80,0	67,5	66,3; 68,7	68,6	67,5; 69,7	70,4	67,2; 73,5
	12	-	-	-	-	-	-	69,4	67,0; 71,7	71,6	66,9; 76,4	76,8	71,8; 81,9	70,6	69,4; 71,8	71,7	70,6; 72,8	73,5	70,3; 76,6

PF: patrones de frecuencia; HF: habla filtrada; DD: dígitos dicóticos; p2,5: percentil 2,5; p5,0: percentil 5,0; p10,0: percentil 10,0; IC 95%: intervalo de confianza al 95% (para abreviación en esta tabla se usan puntos en los números).

la redundancia intrínseca (sistema auditivo) como de la redundancia extrínseca, que surge, entre otras cosas, de las pistas lingüísticas inherentes al lenguaje[24].

En relación con la prueba DD, se observó un aumento sostenido del rendimiento en ambos oídos con el paso de los años (mayor en el oído izquierdo) y con una tendencia a estabilizarse alrededor de los 12 años en puntajes similares a los reportados para población nacional adulta[19]. Este comportamiento ya había sido descrito con anterioridad[18,20-22], sin embargo, en población neerlandesa se estimó que la edad explicaría solamente un 18% del puntaje de la prueba, reconociendo que probablemente existen factores de mayor influencia como la atención, la memoria de trabajo, o incluso un desarrollo de la habilidad de separación/integración binaural no dependiente de la edad[20].

Efecto de oído

Para la prueba PF no se observaron diferencias entre oídos. Este hallazgo concuerda con lo evidenciado en niños estadounidenses utilizando la versión de prueba de Musiek[22] y en población adulta chilena utilizando la versión *Auditec*[19]. En otros estudios, no se han analizado formalmente las diferencias entre oídos para la prueba de patrones de frecuencia[20,21,25,26]. El único reporte que ha evidenciado un rendimiento mayor para el oído izquierdo se realizó en niños noruegos utilizando la versión de Musiek[18]. Este efecto fue atribuido al predominio de las vías auditivas contralaterales por sobre las ipsilaterales y a la especialización del hemisferio derecho para el procesamiento de la información suprasegmental. Según el presente estudio, este resultado también podría ser atribuido a un efecto de aprendizaje, ya que, si bien a los 7, 8 y 9 años el oído izquierdo tuvo un rendimiento superior, al ajustar por primer oído evaluado estas diferencias desaparecieron.

En relación con la prueba HF, se evidenciaron diferencias significativas entre oídos en los 7, 11 y 12 años, pero al igual que la prueba PF, estas diferencias desaparecieron al ajustar por la variable primer oído evaluado. Es bien conocido que para este tipo de pruebas se produce un efecto de aprendizaje que se traduce en un mejor rendimiento para el segundo oído evaluado[12]. Otros estudios realizados en población pediátrica noruega[18], estadounidense[23] y neerlandesa[20], y en sujetos adultos chilenos[19] y neerlandeses[25], tampoco han reportado diferencias entre oídos.

Para la prueba de DD, se observó la conocida ventaja de oído derecho (VOD), ampliamente estudiada en pruebas de escucha dicótica. Esta ventaja se traduce en mejores rendimientos para el oído derecho por sobre el izquierdo en tareas dicóticas[21]. Una de las principales hipótesis de esta asimetría se sustenta en las diferencias funcionales de los hemisferios cerebrales. Debido a que generalmente el hemisferio dominante es el izquierdo[27], el oído derecho tendría una mayor facilidad para el procesamiento de información auditiva competitiva debido a la predominancia de las vías auditivas contralaterales. Este efecto se ha evidenciado tanto en población pediátrica noruega[18], neerlandesa[20], polaca[21] y estadounidense[22], así como también en población adulta chilena[19] y neerlandesa[25]. En el presente estudio, esta ventaja fue mayor en edades más tempranas y con una tendencia a disminuir con los años, lo cual también se ha descrito en otras poblaciones[18,20,22]. A pesar de que en la literatura no se han planteado explicaciones para la disminución de la VOD al aumentar la edad, se podría hipotetizar, según los resultados, que el procesamiento del hemisferio derecho se fortalecería con el paso de los años, traduciéndose en diferencias entre oídos cada vez menores.

Sexo y escolaridad

Al igual que en estudios previos[18,19,22], no se evidenciaron diferencias por sexo en ninguna prueba. Solamente un estudio ha reportado diferencias de sexo en la prueba HF[20], aunque no se entregaron explicaciones para el hallazgo. En relación con la escolaridad, se evidenció una correlación casi perfecta entre el nivel educativo y la edad. Esto es esperable debido a que, en población pediátrica, el ingreso a la educación formal está definida por criterios de edad y la promoción de un nivel a otro tiende a ser lineal con tasas de reprobación menores al 10%[28]. Para evitar efectos de multicolinealidad, esta variable tampoco fue incluida en los modelos. Si bien esto podría ser un problema para sujetos adultos en los cuales la escolaridad tiende a ser más heterogénea y podría influir en

el desempeño de algunas pruebas[29], la edad es la mejor variable para estimar valores normativos en población pediátrica, ya que lograría retratar aspectos neuromaduracionales propios del sistema auditivo además de la escolaridad.

Puntajes de corte

Los residuos de modelos de regresión ya han sido utilizados para obtener valores normativos con anterioridad y se ha sugerido realizar una estandarización de las estimaciones de promedios, y DE para facilitar su utilización[16]. Si bien esta sería la forma más familiar de interpretar los valores normativos para la mayoría de los clínicos, este tipo de estandarización está limitada para aquellos puntajes distribuidos normalmente. En el presente estudio, al igual que en investigaciones anteriores[18-21,25,26], las puntuaciones de pruebas de procesamiento auditivo tienden a distribuirse de manera asimétrica. Por este motivo, si bien se utilizaron los mismos procedimientos para la estimación de los residuos, se procedió a establecer puntajes de corte a través de percentiles con el puntaje bruto, sin mediar algún tipo de estandarización.

El punto anterior es un problema para las recomendaciones de la ASHA[1] y de la AAA[2], que sugieren considerar estas pruebas como alteradas cuando el puntaje obtenido se encuentra por debajo de la media en 2 o 3 DE. Si bien existen autores que han realizado propuestas basadas en estos estadígrafos[22], esto no sería lo más adecuado en distribuciones asimétricas ya que, en estos casos, el promedio se desplazaría hacia uno de los extremos y las DE no describiría con precisión la distribución. La naturaleza no adaptativa de las pruebas clásicas de procesamiento auditivo tiende a producir un comportamiento asimétrico negativo producto del efecto techo. En estos casos, es más precisa la utilización de la mediana y los percentiles, estadígrafos no sesgados por asimetrías en la distribución.

Implicancias clínicas

En Chile no existen reportes sobre la utilización clínica de las pruebas conductuales de procesamiento auditivo en población pediátrica. Debido a que el diagnóstico de TPA no se encuentra reconocido por el sistema de salud nacional, la evaluación del procesamiento auditivo no es un procedimiento habitual y, generalmente, este tipo de mediciones son incorporadas de manera adicional a evaluaciones estándares por iniciativa propia de los audiólogos. Por esta razón, la utilización de baterías de evaluación exhaustivas constituye un desafío en el escenario actual. La duración relativamente reducida de las tres pruebas estudiadas es un aporte en este sentido. Considerando los tiempos de aplicación de 11 minutos para la prueba PF, 4 minutos para la HF y de 5 minutos para la DD, la utilización de las tres pruebas a modo de batería no superaría los 20 minutos de duración.

Otro de los principales inconvenientes para la utilización de las pruebas conductuales de procesamiento auditivo a nivel nacional es la ausencia de valores normativos para población pediátrica. El presente estudio constituye una propuesta inicial de valores normativos pediátricos nacionales. Si bien una batería de evaluación exhaustiva debiese considerar la evaluación de todas las habilidades auditivas, incluida la discriminación auditiva, la resolución temporal y la interacción binaural[1,2], las pruebas normadas en esta investigación podrían, según estudios previos, constituir una especie de *screening* de relativamente buenas propiedades diagnósticas[9]. Surge, a modo de proyección, la necesidad de estudiar la sensibilidad y especificidad de estas pruebas y su comportamiento en poblaciones pediátricas de otros tipos de establecimientos educacionales.

Limitaciones

La principal limitación del estudio es el hecho de haber obtenido valores normativos solamente para tres pruebas dentro de una amplia gama de opciones disponibles. Si bien no existe consenso sobre cuántas pruebas son necesarias para realizar un diagnóstico, se debe considerar la posibilidad de encontrar distintas habilidades descendidas de manera independiente, y es el audiólogo el encargado de seleccionar aquellas pruebas que más se ajusten al perfil de cada sujeto evaluado[1,2,4]. En ese sentido, sigue existiendo la necesidad de normar otras pruebas como, por ejemplo, de resolución temporal o de interacción binaural. A pesar de que se ha reconocido la necesidad

de contar con baterías de evaluación conductual más breves[6], la evaluación de solo tres habilidades auditivas no puede considerarse como una evaluación exhaustiva. Existen otras habilidades que pueden estar alteradas y que no necesariamente repercutirán sobre el resultado de las pruebas normadas en el presente estudio.

Conclusión

Se obtuvieron valores normativos en niños de entre 7 y 12 años para una batería de evaluación conformada por la prueba de patrones de frecuencia, la prueba de habla filtrada y la prueba de dígitos dicóticos, que evalúan los procesos de ordenamiento temporal, separación/cierre monoaural y escucha dicótica, respectivamente. Los valores fueron similares a los reportados en poblaciones pediátricas de otros países, considerando los efectos de oído, edad, sexo y escolaridad, con algunas excepciones puntuales. Al respecto, destaca la mejora en el rendimiento con el aumento de edad, la ventaja de oído derecho para la prueba de dígitos dicóticos, y la ausencia de diferencias entre oídos para las pruebas de patrones de frecuencia y de habla filtrada.

Bibliografía

1. American Speech-Language-Hearing Association. (Central) Auditory Processing Disorders [Technical Report] [Internet]. 2005. Disponible en: www.asha.org/policy
2. American Academy of Audiology. Clinical Practice Guidelines: Diagnosis, Treatment and Management of Children and Adults with Central Auditory Processing Disorder [Internet]. 2010. Disponible en: https://www.audiology.org/publications-resources/document-library/central-auditory-processing-disorder
3. Vermiglio AJ. On the clinical entity in audiology: (Central) auditory processing and speech recognition in noise disorders. *J Am Acad Audiol*. 2014;25(9):904-17.
4. Keith W, Purdy S, Baily M, Kay F. New Zealand Guidelines on Auditory Processing Disorder [Internet]. New Zealand Audiological Society; 2019. Disponible en: https://www.audiology.org.nz/
5. De Wit E, Neijenhuis K, Luinge M. Dutch position statement children with listening difficulties. Dutch Position Statement Children with Listening Difficulties. Federation of Dutch Audiological Centres; 2017.
6. British Society of Audiology. Position Statement and Practice Guidance - Auditory Processing Disorder (APD) [Internet]. British Society of Audiology; 2018. Disponible en: www.thebsa.org.uk
7. Ministerio de Educación. Estadísticas de la Educación 2018: Publicación 2019. Santiago: Ministerio de Educación, República de Chile; 2019.
8. Lankford JE, Perrone DC, Thunder TD. Ambient noise levels in mobile audiometric testing facilities: Compliance with industry standards. *AAOHN J*. 1999;47(4):163-7.
9. Musiek F, Chermak G, Weihing J, Zappulla M, Nagle S. Diagnostic accuracy of established central auditory processing test batteries in patients with documented brain lesions. *J Am Acad Audiol*. 2011;22(6):342-58.
10. Auditec. Evaluation manual of pitch pattern sequence and duration pattern sequence. Saint Louis, MS: Auditec Inc; 1997.
11. Fuente A. Batería de Pruebas Santiago APD para adultos hispanos. Saint Louis, MS: Auditec Inc;
12. Marcotti A, Aguilar G, Farías C, Galaz J, Iturriaga F. Obtención de valores referenciales para la prueba de habla filtrada en una población de adultos chilenos. En: LXXV Congreso Chileno de Otorrinolaringología. Santa Cruz: Sociedad Chilena de Otorrinolaringología, Medicina y Cirugía de Cabeza y Cuello; 2018. p. 73.
13. Crompvoets EAV, Keuning J, Emons WHM. Bias and Precision of Continuous Norms Obtained Using Quantile Regression. *Assessment*. 2021;28(6):1735-1750. doi: 10.1177/1073191120910201.
14. Lenhard A, Lenhard W, Gary S. Continuous norming of psychometric tests: A simulation study of parametric and semi-parametric approaches. *PLoS One*. 2019;14(9):1-30.
15. Lenhard A, Lenhard W, Suggate S, Segerer R. A Continuous Solution to the Norming Problem. *Assessment*. 2018;25(1):112-25.
16. Oosterhuis H, van der Ark L, Sijtsma K. Sample Size Requirements for Traditional and Regression-Based Norms. *Assessment*. 2016;23(2):191-202.
17. Papke L, Wooldridge J. Econometric methods for fractional response variables with an application to 401 (k) plan participation rates. *J Appl Econom*. 1996;11(6):619-32.
18. Mattsson T, Follestad T, Andersson S, Lind O, Øygarden J, Nordgård S. Normative data for diagnosing auditory processing disorder in Norwegian children aged 7-12 years. *Int J Audiol*. 2018;57(1):10-20.
19. Fuente A, McPherson B. Auditory processing tests for Spanish-speaking adults: An initial study. *Int J Audiol*. 2006;45(11):645-59.
20. Neijenlzuis K, Snik A, Priester G, van Kordenoordt S, van den Broek P. Age effects and normative data on a

Dutch test battery for auditory processing disorders. *Int J Audiol*. 2002;41(6):334-46.
21. Włodarczyk E, Szkiełkowska A, Skarżyński H, Miaśkiewicz B, Skarżyński P. Reference values for psychoacoustic tests on Polish school children 7-10 years old. *PLoS One*. 2019;14(8):1-20.
22. McDermott E, Smart J, Boiano J, Bragg L, Colon T, Hanson E, et al. Assessing auditory processing abilities in typically developing school-aged children. *J Am Acad Audiol*. 2016;27(2):72-84.
23. Keith R. Development and standardization of SCAN-C Test for Auditory Processing Disorders in Children. *J Am Acad Audiol*. 2000;11(8):438-45.
24. Marcotti A, Galaz J, Iturriaga F, Aguilar G. Pruebas monoaurales de habla de baja redundancia: Evaluación de la separación/cierre monoaural. *Rev Otorrinolaringol Cir Cabeza Cuello*. 2021;81(2):306-18. doi: 10.4067/s0718-48162021000200306.
25. Neijenhuis K, Stollman M, Snik A, van den Broek P. Development of a Central Auditory Test Battery for Adults. *Int J Audiol*. 2001;40(2):69-77.
26. Majak J, Zamysłowska-Szmytke E, Rajkowska E, Śliwińska-Kowalska M. Auditory temporal processing tests-Normative data for Polish-speaking adults. *Med Pr*. 2015;66(2):145-52.
27. Marcotti A, Rivera S. Prueba de patrones de frecuencia y patrones de duración: Evaluación del ordenamiento auditivo temporal. *Rev Otorrinolaringol Cir Cabeza Cuello*. 2017;77(3):339-50. doi: 10.4067/s0718-48162017000300339.
28. Ministerio de Educación. Indicadores de la Educación en Chile 2010-2016. Santiago: Ministerio de Educación, República de Chile, 2018.
29. Murphy C, Rabelo C, Silagi M, Mansur L, Schochat E. Impact of educational level on performance on auditory processing tests. *Front Neurosci*. 2016;10:1-8.