



# Latencias de los potenciales evocados auditivos del tallo cerebral, por edad y sexo, en población adulta mexicana

Guadalupe Aguilar-Madrid,<sup>a</sup>  
Arturo Torres-Valenzuela,<sup>b</sup>  
Wendoly Hinojos-Escobar,<sup>c</sup>  
Alejandro Cabello-López,<sup>a</sup>  
Rodrigo Gopar-Nieto,<sup>d</sup>  
Perla Estela Ravelo-Cortés,<sup>a</sup>  
Luis Cuauhtémoc Haro-García,<sup>a</sup>  
Cuauhtémoc Arturo Juárez-Pérez<sup>a</sup>

## Brainstem auditory evoked potentials latencies, by age and sex, among mexican adult population

**Background:** Brainstem auditory evoked potentials (BAEP) evaluate the auditory pathway, and are a complementary test for tone audiometry in evaluating auditory diseases. The aim of the study was to determine BAEP mean latencies of waves and intervals, among healthy adults.

**Methods:** Cross-sectional study, comprising 196 subjects, aged 16 to 65 years, without auditory diseases, to whom family and personal history were asked, physical examination and laboratory studies were made, as well as tonal audiometry, impedanciometry and BAEP.

**Results:** A total of 107 men and 89 women were studied. The mean latency periods of waves I, III and V, and intervals I-III, III-V and I-V from both ears were similar. An increase in the latency periods for each age category was observed. Latency periods were significantly shorter in women compared to men. The predictors that increased the latency periods in the multiple linear regression models for waves and intervals were male gender and age  $\geq 45$  years.

**Conclusions:** Age and sex were the variables that showed more statistical power to explain the latencies' differences.

**Introducción:** los potenciales evocados auditivos del tallo cerebral (PEATC) evalúan la vía auditiva central y son una herramienta complementaria de la audiometría tonal para analizar enfermedades auditivas. El objetivo de este estudio fue determinar el tiempo promedio de las latencias de las ondas y los intervalos de los potenciales evocados auditivos en adultos sanos.

**Métodos:** estudio transversal que contó con 196 participantes, de 16 a 65 años de edad normo-oyentes, a quienes se investigaron antecedentes familiares y personales patológicos, se realizó exploración física y se obtuvieron estudios de laboratorio, audiometría tonal e impedanciometría normales, y potenciales evocados auditivos.

**Resultados:** Se estudiaron 107 hombres y 89 mujeres. El promedio de las latencias de las ondas I, III y V e intervalos I-III, III-V y I-V de ambos oídos fueron similares. Los predictores que incrementaron el tiempo de latencia en los modelos de regresión lineal múltiple de las ondas e intervalos fueron el sexo masculino y la edad  $\geq 45$  años.

**Conclusiones:** la edad y el sexo fueron las variables que mostraron mayor poder estadístico para explicar las diferencias de las latencias en este grupo de personas.

### Keywords

Evoked potentials, auditory  
Brain stem  
Audiology  
Auditory pathways

### Palabras clave

Potenciales evocados auditivos  
Tronco encefálico  
Audiología  
Vías auditivas

<sup>a</sup>Unidad de Investigación de Salud en el Trabajo, Centro Médico Nacional Siglo XXI, Ciudad de México

<sup>b</sup>Servicio de Audiología, Hospital de Especialidades, Centro Médico Nacional Siglo XXI, Ciudad de México

<sup>c</sup>Servicio de Audiología, Hospital Regional 1, Unidad Morelos, Chihuahua, Chihuahua

<sup>a-c</sup>Instituto Mexicano del Seguro Social, México

<sup>d</sup>Servicio de Medicina Interna, Hospital Lic. Adolfo López Mateos, Instituto de Seguridad y Servicios Sociales de los Trabajadores del Estado, Ciudad de México, México

Comunicación con: Cuauhtémoc Arturo Juárez-Pérez.

Teléfono: (55) 5761 0725

Correo electrónico: carturojp@gmail.com

Los potenciales evocados auditivos del tallo cerebral (PEATC) representan la respuesta del sistema nervioso central ante un estímulo acústico.<sup>1</sup> Están compuestos por 5 a 7 espigas que pueden detectarse en los primeros 12 milisegundos (ms) posteriores al inicio del estímulo. Las neuronas procesan estos estímulos a lo largo de la vía auditiva aferente en las siguientes estructuras: onda I, en la región proximal del octavo par craneal; onda II, en el núcleo coclear; onda III, en el complejo olivar superior; onda IV, en el lemnisco lateral; onda V, en el colículo inferior; onda VI, en el cuerpo geniculado medial; y onda VII, en la corteza temporal auditiva.<sup>1-3</sup> En electrofisiología, solo las respuestas globales son medidas; para alcanzar este objetivo se emplea un estímulo acústico, llamado click, el cual posee una frecuencia y una intensidad determinadas.<sup>4</sup>

A pesar que la audiometría tonal es el estándar de oro para evaluar la audición, no brinda información acerca de efectos retrococleares, ni de los procesos auditivos centrales, por lo que evidencia el daño auditivo tardíamente.<sup>5</sup> En este sentido, los PEATC pueden identificar y localizar patologías auditivas, así como disfunciones en regiones específicas de la vía auditiva, además de alteraciones sensoriales cuando la presentación clínica y el examen neurológico no son claros, y revelan la presencia de problemas en el sistema nervioso central cuando se sospecha una enfermedad desmielinizante. Las principales ventajas del uso de los PEATC incluyen la interpretación independiente de la subjetividad del operador, del estado cognitivo del paciente, de la influencia de factores educativos y culturales,<sup>7</sup> y su escasa modificación por el estado neurológico y de conciencia del paciente.<sup>8</sup>

Clínicamente, las ondas más importantes son las ondas I, III y V.<sup>3</sup> No obstante, existen condiciones como la edad,<sup>9</sup> el sexo,<sup>10</sup> las enfermedades crónicas (diabetes, hipertensión, dislipidemias), conductas sociales y riesgos ocupacionales (disolventes orgánicos, metales pesados y pesticidas), que deben evaluarse para conocer su influencia y determinar valores de referencia en las poblaciones estudiadas.<sup>8,11,12</sup>

La urgente necesidad de estandarizar los valores de los PEATC está relacionada intrínsecamente con sus características neurológicas y eléctricas, principalmente porque son señales medidas en un rango muy pequeño de frecuencias, y pueden ser modificadas por múltiples factores. Desafortunadamente, en México no se cuenta con valores de referencia para PEATC en la población adulta sana, a pesar de que existen poblaciones en riesgo de padecer una patología auditiva ante la exposición a factores de riesgo como fármacos ototóxicos y niveles elevados de ruido, de forma única o combinada con sustancias ototóxicas o neurotóxicas (disolventes orgánicos, metales pesados

y plaguicidas). Por ello, el objetivo de este estudio fue determinar los valores promedio de las latencias en las ondas I, III y V, así como los intervalos I-III, III-V y I-V, en una población adulta sana categorizada por sexo y edad, e identificar los predictores que expliquen la variabilidad de los valores de los PEATC en esta población, con el fin de obtener valores de referencia confiables en una población de trabajadores mexicanos asegurados por el Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS).

## Métodos

### Diseño del estudio y selección de los participantes

Se realizó un estudio transversal que incluyó una muestra de trabajadores mexicanos afiliados al Instituto Mexicano del Seguro Social, quienes fueron reclutados en el Banco de Sangre del Centro Médico Nacional Siglo XXI (CMN SXXI), durante el periodo 2009 a 2011. Los participantes fueron invitados e informados del protocolo y quienes aceptaron participar en el estudio, firmaron una carta de consentimiento informado. El estudio fue aprobado por el Comité Local de Investigación del Hospital de Especialidades del CMN SXXI. Para proteger la confidencialidad de los participantes, su nombre fue omitido y se empleó un número para su identificación. Los criterios del estudio fueron los siguientes:

- *Criterios de inclusión:* nacionalidad mexicana, edad entre 16 y 65 años, de ambos sexos; audición normal, ausencia de enfermedades auditivas corroboradas mediante una historia clínica que incluyó antecedentes metabólicos, otológicos, traumáticos y ocupacionales; biometría hemática y perfil de lípidos dentro de parámetros normales, además de una exploración física, otoscópica y una evaluación audiológica dentro de parámetros normales (audiometría tonal y timpanometría).
- *Criterios de exclusión:* pacientes embarazadas, personas fuera de los rangos de edad establecidos, personas con una enfermedad crónica diagnosticada (hipertensión arterial, dislipidemia e hiperuricemia), trastornos mentales, consumo de drogas (incluido consumo excesivo de alcohol); exposición ocupacional a ruido, disolventes orgánicos y cambios en la presión barométrica; antecedentes de shock eléctrico, uso prolongado de fármacos ototóxicos, traumatismos craneoencefálicos, enfermedades otológicas (otitis media aguda, secuelas de otitis media crónica o perforación de membrana timpánica), enfermedades hematológicas o de la

conducción nerviosa; participantes que no hayan completado como mínimo el 80 % del cuestionario o que no hayan concluido las evaluaciones audiológicas, o si durante estas se detectó alguna patología auditiva, además quienes decidieron no continuar en el estudio de los PEATC.

## Evaluaciones

- **Cuestionario:** Cada participante que dio su consentimiento para colaborar en el estudio proporcionó la siguiente información: datos sociodemográficos como edad y sexo, que se emplearon para la construcción de las categorías; antecedentes familiares, no patológicos, patológicos, ocupacionales y ambientales.
- **Pruebas sanguíneas:** Se realizó a cada paciente una biometría hemática, química sanguínea y perfil de lípidos. Se tomaron como valores de referencia los establecidos en el laboratorio de análisis clínico del Banco de Sangre del CMN SXXI.
- **Exploración física:** Incluyó lo siguiente: a) Tensión arterial, medida con un esfigmomanómetro BP AG1-10; b) Temperatura corporal, medida con un termómetro Hergom CE0197; c) Otoscopia, realizada con un otoscopio Welch Allyn 710168-501.
- **Audiometría tonal:** El umbral auditivo fue medido en una cámara sonoamortiguada, como lo establece la American National Standards Institute (ANSI), con un audiómetro de dos canales, Orbiter 922 versión 2, y fue calibrado de acuerdo con los estándares de la ANSI 3.1-1996. Se obtuvo el umbral auditivo en ambos oídos, en el rango de frecuencias de 125 a 8000 Hz (método de Hood), y se consideró como fuera de lo normal los umbrales > 20 dB.
- **Impedanciometría:** A cada paciente se realizó una timpanometría y la medición del reflejo estapedial ipsilateral. La timpanometría se interpretó de acuerdo con los criterios de Jerger (A, As, Ad, B, C) y el reflejo estapedial fue reportado como presente o ausente.
- **PEATC:** se realizaron con el programa Nicolet Viking Quest Auditory System en una cámara sonoamortiguada, de acuerdo con los estándares de la ANSI 3.1-1997. Los electrodos fueron colocados como señala el Sistema Internacional 10-20 (G, Cz, A1 and A2). Después de explicar el procedimiento y poner cómodo al participante, se midieron los PEATC, primero en el oído izquierdo y posteriormente en el oído derecho, siguiendo ciertos parámetros de estimulación: 2000 clicks de rarefacción a 80 dB, con una tasa de estimulación de 33 clicks por segundo, tiempo de análisis 10 ms y una sensibilidad de 50 mV.

## Análisis estadístico

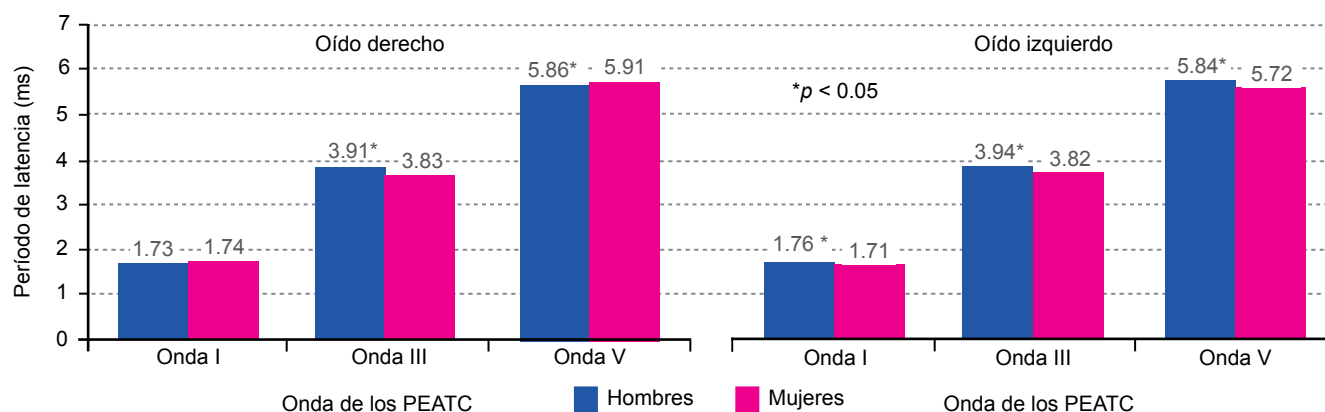
Los datos fueron recopilados en una hoja de cálculo en Microsoft Office Excel, y se llevó a cabo una doble captura de los datos para evitar errores e inconsistencias en la base de datos. Se realizó el análisis estadístico en el programa STATA v.12. Para ello, se crearon 4 categorías de edad tomando como referencia los cuartiles 25, 50 y 75 de la siguiente manera:  $\leq 24$ , 25-34, 35-44 y  $\geq 45$  años, con la intención de contar con un número similar de participantes en cada categoría. Como parte del análisis, se determinaron las frecuencias y porcentajes de las variables, así como medidas de tendencia central y dispersión, percentiles y un análisis bivariado para observar el comportamiento de la variable de interés: PEATC. Para la comparación de medias se empleó la prueba *t* de Student, *U* de Mann-Whitney y ANOVA, dependiendo si la distribución de las variables cuantitativas cumplió los supuestos de normalidad; además, se realizó prueba de independencia de Chi cuadrada para las variables categóricas. Finalmente, se realizaron modelos de regresión múltiple, ajustados por edad y sexo para identificar los determinantes de la variabilidad en los PEATC que incluyeron: exposición a ruido, consumo de alcohol, tabaquismo, niveles de glucosa y lípidos en sangre. Una  $p < 0.05$  fue considerada como estadísticamente significativa.

## Resultados

Se estudió una muestra de 196 participantes, 107 hombres (54.6 %) y 89 mujeres (45.4 %). Se calculó el poder de la muestra, considerando una alfa = 0.05, que resultó en un poder de 100 %. La edad media en los hombres fue  $27 \pm 9$  años, y en las mujeres fue de  $28 \pm 10$  años. Del total de la muestra, 114 participantes (58.5 %) refirieron antecedentes familiares de hipertensión arterial y 121 (62.4%) de diabetes mellitus. Además, 54 participantes (27.7 %) reportaron tabaquismo activo y 104 (53.9 %) refirieron consumo ocasional de alcohol.

Las latencias promedio de las ondas I, III y V y los intervalos I-III, III-V y I-V de ambos oídos fueron similares. Sin embargo, un incremento significativo en las latencias de las ondas se observó en cada grupo de edad. En ambos oídos, la onda I mostró un tiempo de latencia promedio mayor en las personas  $\geq 45$  años. No obstante, las latencias de los intervalos no presentaron un incremento significativo entre las diferentes categorías de edad.

Se realizó un análisis comparativo por sexo; en el oído izquierdo, las mujeres presentaron periodos de latencias más cortas en comparación con los hombres. Este patrón fue similar en el oído derecho, aunque solamente en la onda III (figuras 1 y 2).



**Figura 1** Periodos de latencia promedio de las ondas de los PEATC por sexo en una muestra de adultos mexicanos durante el año 2009

De acuerdo con el análisis por sexo y edad, se observaron diferencias significativas en el sexo femenino en la mayoría de las ondas e intervalos (cuadro I). La comparación por sexo mostró que existen diferencias en el tiempo promedio de las latencias de todas las ondas e intervalos del oído derecho, excepto en la onda I (figuras 1 y 2). En el oído izquierdo, se encontraron diferencias en las ondas I, III y V, no así en los intervalos (cuadro II).

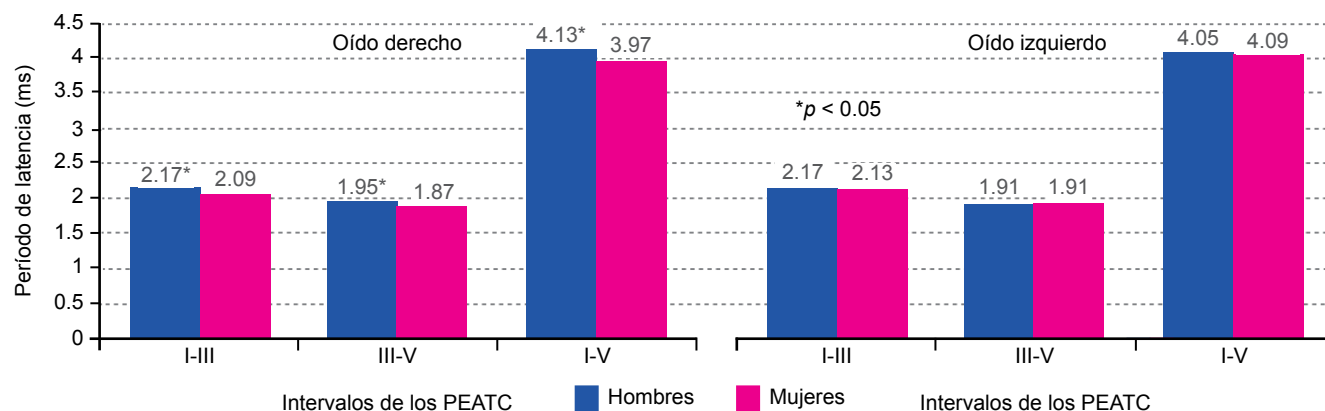
Se realizaron modelos de regresión lineal múltiple para identificar los predictores de la variabilidad en los tiempos de latencia de las ondas e intervalos. En este sentido, el sexo masculino y la edad  $\geq 45$  años fueron las variables que presentaron diferencias estadísticamente significativas para la mayoría de las ondas e intervalos incluidos en dichos modelos (cuadro II).

En el modelo que incluyó sexo, las latencias promedio en ambos oídos mostraron diferencias estadísticamente significativas en las ondas III y V, así como en los intervalos I-III y I-V. También se encontraron diferencias en las ondas I y III en el grupo de  $\geq 45$  años, en comparación con el grupo de menor edad que se tomó como referencia (cuadro II).

## Discusión

Los hallazgos de este estudio muestran las diferencias encontradas entre hombres y mujeres, de acuerdo con los grupos de edad que se construyeron. Se observaron diferencias en los tiempos de latencia en todos los grupos de edad, principalmente en el grupo de 25-34 años y 35-44 años, que abarcaron las ondas III y V y los intervalos I-III y I-V, similar a los resultados reportados por Michalewsky et al. y Houston et al.<sup>13,14</sup>

Las diferencias por sexo se observaron en todos los grupos de edad, siendo las mujeres quienes presentaron latencias más cortas, en comparación con los hombres. En cuanto a estas diferencias, Stochard et al. reportaron que las mujeres presentaron latencias más cortas en comparación con los hombres; esta característica fue atribuida a que las mujeres poseen segmentos más cortos de la vía auditiva debido a que el tamaño de su cerebro es más pequeño, tomando como referencia las medidas del perímetro cefálico.<sup>3</sup> Estos resultados han sido replicados en varios reportes,<sup>14-17</sup> aunque el origen de estas diferencias no se conoce plenamente. Una posible explicación anatómica es



**Figura 2** Periodos de latencia promedio de los intervalos de los PEATC por sexo en una muestra de adultos mexicanos durante el año 2009

**Cuadro I** Periodos de latencia promedio de las ondas (I, III y V) e intervalos (I-III, III-V y I-V) por sexo y grupos de edad en una muestra de adultos mexicanos durante el año 2009

Ondas e intervalos	Grupos de edad (n)	Latencia del oído derecho en ms Media $\pm$ DE (min-max)		Latencia del oído izquierdo en ms Media $\pm$ DE (min-max)	
		Hombres	Mujeres	Hombres	Mujeres
Onda I	$\leq 24$ (62)	1.71 $\pm$ 0.175 (1.3-2.08)	1.72 $\pm$ 0.156 (1.54-2.2)	1.76* $\pm$ 0.138 (1.6-2.1)	1.66* $\pm$ 0.124 (1.45-1.9)
	25-34 (79)	1.71 $\pm$ 0.117 (1.45-2)	1.72 $\pm$ 0.153 (1.47-2.15)	1.73 $\pm$ 0.134 (1.49-2.05)	1.71 $\pm$ 0.186 (1.32-2.36)
	35-44 (36)	1.78 $\pm$ 0.173 (1.6-2.1)	1.72 $\pm$ 0.110 (1.55-1.95)	1.80* $\pm$ 0.220 (1.6-2.45)	1.67* $\pm$ 0.134 (1.45-1.95)
	$\geq 45$ (17)	1.82 $\pm$ 0.178 (1.64-2.1)	1.82 $\pm$ 0.142 (1.56-2.03)	1.84 $\pm$ 0.185 (1.66-2.1)	1.86 $\pm$ 0.168 (1.59-2.22)
Onda III	$\leq 24$ (65)	3.89* $\pm$ 0.269 (3.24-4.91)	3.80* $\pm$ 0.195 (3.45-4.24)	3.91* $\pm$ 0.197 (3.5-4.5)	3.78* $\pm$ 0.186 (3.46-4.18)
	25-34 (79)	3.87 $\pm$ 0.194 (3.3-4.35)	3.83 $\pm$ 0.128 (3.6-4.1)	3.95* $\pm$ 0.201 (3.42-4.3)	3.83* $\pm$ 0.206 (3.32-4.45)
	35-44 (36)	4.02* $\pm$ 0.223 (3.65-4.48)	3.81* $\pm$ 0.157 (3.55-4.1)	3.92* $\pm$ 0.155 (3.65-4.15)	3.82* $\pm$ 0.143 (3.55-4.05)
	$\geq 45$ (17)	3.9 $\pm$ 0.119 (3.8-4.1)	3.96 $\pm$ 0.108 (3.8-4.15)	3.07 $\pm$ 0.384 (1.86-4.75)	3.82 $\pm$ 0.674 (1.88-4.7)
Onda V	$\leq 24$ (62)	5.85 $\pm$ 0.304 (5.33-6.67)	5.74 $\pm$ 0.211 (5.4-6.28)	5.83 $\pm$ 0.4 (3.85-6.6)	5.69 $\pm$ 0.216 (5-6.08)
	25-34 (79)	5.85* $\pm$ 0.242 (5.4-6.65)	5.64* $\pm$ 0.249 (4.8-6.1)	5.82* $\pm$ 0.241 (5.2-6.36)	5.70* $\pm$ 0.266 (4.85-6.3)
	35-44 (36)	5.93* $\pm$ 0.267 (5.35-6.3)	5.68* $\pm$ 0.208 (5.2-6.05)	5.84 $\pm$ 0.225 (5.45-6.19)	5.78 $\pm$ 0.149 (5.55-6.04)
	$\geq 45$ (17)	5.76 $\pm$ 0.463 (5.1-6.35)	5.88 $\pm$ 0.185 (5.6-6.15)	5.91 $\pm$ 0.247 (5.77-6.35)	5.80 $\pm$ 0.591 (4.1-6.56)
Intervalo I-III	$\leq 24$ (62)	2.18* $\pm$ 0.275 (1.44-2.91)	2.07* $\pm$ 0.155 (1.79-2.4)	2.14 $\pm$ 0.174 (1.75-2.5)	2.13 $\pm$ 0.242 (1.82-2.92)
	25-34 (79)	2.16* $\pm$ 0.210 (1.4-2.75)	2.10* $\pm$ 0.153 (1.78-2.32)	2.21* $\pm$ 0.196 (1.7-2.56)	2.12* $\pm$ 0.187 (1.8-2.72)
	35-44 (36)	2.23* $\pm$ 0.269 (1.65-2.45)	2.08* $\pm$ 0.175 (1.84-2.3)	2.11 $\pm$ 0.247 (1.5-2.45)	2.15 $\pm$ 0.148 (2-2.5)
	$\geq 45$ (17)	2.06 $\pm$ 0.126 (1.9-2.24)	2.13 $\pm$ 0.162 (1.92-2.54)	2.22 $\pm$ 0.247 (2.02-2.65)	2.13 $\pm$ 0.357 (1.68-2.86)
Intervalo III-V	$\leq 24$ (62)	1.95 $\pm$ 0.218 (1.38-2.18)	1.94 $\pm$ 0.158 (1.65-2.25)	1.97* $\pm$ 0.201 (1.28-2.42)	1.90* $\pm$ 0.172 (1.4-2.15)
	25-34 (79)	1.97* $\pm$ 0.241 (1.47-2.85)	1.81* $\pm$ 0.201 (1.2-2.3)	1.87 $\pm$ 0.245 (1.05-2.3)	1.86 $\pm$ 0.159 (1.25-2.26)
	35-44 (36)	1.90 $\pm$ 0.145 (1.7-2.15)	1.86 $\pm$ 0.139 (1.5-2.05)	1.92 $\pm$ 0.211 (1.45-2.28)	1.89 $\pm$ 0.192 (1.3-2.15)
	$\geq 45$ (17)	1.86 $\pm$ 0.366 (1.3-2.25)	1.92 $\pm$ 0.132 (1.75-2.1)	1.84* $\pm$ 0.153 (1.6-2)	2.12* $\pm$ 0.593 (1.43-3.9)
Intervalo I-V	$\leq 24$ (62)	4.13 $\pm$ 0.309 (3.52-4.9)	4.02 $\pm$ 0.167 (3.75-4.42)	4.11* $\pm$ 0.222 (3.55-4.7)	4.02* $\pm$ 0.204 (3.35-4.45)
	25-34 (79)	4.14* $\pm$ 0.254 (3.55-4.91)	4.91* $\pm$ 0.227 (3.33-4.3)	4.09* $\pm$ 0.264 (3.48-4.66)	3.98* $\pm$ 0.221 (3.35-4.47)
	35-44 (36)	4.14* $\pm$ 0.314 (3.35-4.6)	3.95* $\pm$ 0.226 (3.34-4.25)	4.04 $\pm$ 0.339 (3.1-4.42)	4.05 $\pm$ 0.214 (3.5-4.4)
	$\geq 45$ (17)	3.92 $\pm$ 0.452 (3.2-4.36)	4.02 $\pm$ 0.253 (3.49-4.4)	4.06 $\pm$ 0.169 (3.82-4.25)	4.27 $\pm$ 0.561 (3.84-5.78)

\* $p < 0.05$

**Cuadro II** Predictores de los periodos de latencia de las ondas I, III y V y los intervalos I-III, III-V y I-V de los PEATC de ambos oídos, mediante modelos de regresión múltiple, en una muestra de adultos mexicanos durante 2009

	Oído derecho			Oído izquierdo		
	Variables	Coefficiente (ms)	IC	Variables	Coefficiente (ms)	IC
Onda I	$R^2 = 0.025$			$R^2 = 0.072$		
	Hombres	0.004	-0.0382, 0.0461		0.062	0.0165, 0.1072*
	25-34 años	-0.001	-0.0503, 0.0477		0.012	-0.0404, 0.0650
	35-44 años	0.038	-0.0226, 0.0984		0.033	-0.0317, 0.0985
	≥ 45 años	0.106	0.0266, 0.1865*		0.161	0.0746, 0.2467*
Onda III	$R^2 = 0.064$			$R^2 = 0.05$		
	Hombres	0.078	0.0272, 0.1301*		0.121	0.0500, 0.1921*
	25-34 años	0.014	-0.0461, 0.0741		0.069	-0.0137, 0.1515
	35-44 años	0.087	0.0128, 0.1612*		0.044	-0.0577, 0.1463
	≥ 45 años	0.120	0.0225, 0.2186*		0.092	-0.0425, 0.2271
Onda V	$R^2 = 0.066$			$R^2 = 0.020$		
	Hombres	0.143	0.070, 0.2157		0.112	0.0251, 0.1981*
	25-34 años	-0.022	-0.107, 0.0622		0.015	-0.0855, 0.1155
	35-44 años	0.040	-0.064, 0.1444		0.062	-0.0625, 0.1858
	≥ 45 años	0.106	-0.032, 0.2438		0.111	-0.0530, 0.2751
Intervalo I-III	$R^2 = 0.023$			$R^2 = 0.001$		
	Hombres	0.074	0.0190, 0.1300*		0.041	-0.0205, 0.102
	25-34 años	0.015	-0.049, 0.0799		0.047	-0.0245, 0.118
	35-44 años	0.049	-0.0306, 0.1288		0.001	-0.0872, 0.089
	≥ 45 años	0.014	-0.0913, 0.1193		0.036	-0.0802, 0.153
Intervalo III-V	$R^2 = 0.0135$			$R^2 = 0.026$		
	Hombres	0.065	0.0069, 0.1227*		0.009	-0.0609, 0.0782
	25-34 años	-0.036	-0.1038, 0.0307		-0.085	-0.1664, -0.0048*
	35-44 años	-0.047	-0.1300, 0.0361		-0.039	-0.1387, 0.0609
	≥ 45 años	-0.015	-0.1243, 0.0951		0.090	-0.0416, 0.2221
Intervalo I-V	$R^2 = 0.0554$			$R^2 = 0.016$		
	Hombres	0.142	0.0678, 0.2160*		0.053	-0.0249, 0.1320
	25-34 años	-0.021	-0.1070, 0.0653		-0.030	-0.1208, 0.0616
	35-44 años	0.002	-0.1042, 0.1086		-0.029	-0.1415, 0.0838
	≥ 45 años	-0.026	-0.1670, 0.1142		0.148	-0.0004, 0.2974

\* $p < 0.05$ ; IC = intervalo de confianza;  $R^2$  = Coeficiente de determinación (es la variabilidad de la respuesta, explicada por el modelo)



que las mujeres tienen un tamaño de cabeza menor en comparación con los hombres;<sup>3,14</sup> no obstante, algunos reportes han demostrado que los hombres presentan latencias más largas en comparación con mujeres con un diámetro cefálico similar.<sup>17</sup> Por lo tanto, otros factores deben influir en estas diferencias. Algunos autores han evaluado el papel que desempeñan las hormonas sexuales en la vía auditiva. Elkind-Hirsch *et al.* encontraron un incremento en las ondas III y V, y en el intervalo interpicos I-V asociados con un estado hiperestrogénico en mujeres sanas con ciclos menstruales normales.<sup>18</sup> Evidencia reciente ha demostrado la presencia de receptores de estrógenos (ER-alfa y ER-beta) en el oído interno humano, incluyendo a las células del ganglio espiral tipo I, la estría vascular y los vasos sanguíneos cocleares. Teóricamente, los estrógenos pueden influir en la función auditiva a diferentes niveles dentro del sistema nervioso central (SNC) como modulador de los sistemas GABAérgico, serotoninérgico y glutamatérgico.<sup>19</sup> En nuestro estudio, los niveles de estrógeno y el perímetro cefálico no fueron medidos ni correlacionados.

Si bien se encontraron diferencias en la mayoría de las latencias conforme aumentó la edad, estas no fueron significativas, probablemente debido a un menor número de participantes en el grupo de mayor edad. Algunos trabajos han documentado las diferencias por edad -principalmente entre poblaciones de niños y adultos- relacionadas con el desarrollo del SNC;<sup>14</sup> otros reportes han encontrado latencias más largas en los adultos mayores,<sup>20</sup> mientras que otros trabajos no.<sup>21</sup> Algunos reportes han encontrado un incremento significativo debido a la edad en la onda III y un efecto menor en las otras ondas e intervalos.<sup>17, 22</sup> Los resultados encontrados en nuestro estudio mostraron un efecto en el tiempo de latencia de las ondas I y V conforme aumentó la edad de los participantes, lo cual sugiere cambios auditivos periféricos y a nivel de mesencéfalo con la edad. Asimismo, la onda V presentó una diferencia mayor en el tiempo de latencia entre ambos sexos (figuras 1 y 2) (cuadro I).

La hipoglucemia ha sido relacionada con un incremento en los tiempos de latencia de los intervalos III-V y I-V.<sup>3</sup> No obstante, se realizó un análisis estadístico para descartar modificaciones en los PEATC debidas a niveles de glucosa mayores a los normales, pero no se encontraron diferencias significativas.

Los modelos de regresión múltiple incluyeron todas las variables demográficas, además de los resultados de laboratorio y los PEATC. Las variables que presentaron una  $R^2$  elevada y el mayor coeficiente beta fueron la edad y el sexo.

En este sentido, se encontró que para todas las latencias de las ondas e intervalos, los hombres tienden a tener tiempos de latencia más largos. En cuanto

a la edad, solo las ondas I y III tuvieron una correlación positiva con el incremento en la edad. Trune *et al.* reportaron resultados similares empleando modelos de regresión lineal.<sup>17</sup> Además, Mitchell *et al.* realizaron un modelo de regresión simple ajustado por edad y encontraron una correlación positiva entre esta última y las latencias de las ondas, así como latencias más largas en los hombres.<sup>20</sup>

Una de las principales causas de pérdida auditiva es la exposición ocupacional a ruido, en conjunto con los disolventes orgánicos,<sup>23-25</sup> los cuales afectan la vía auditiva central.<sup>25,26</sup> Mientras que la mayoría de los estudios en humanos han empleado la audiometría tonal como método de evaluación del daño ocasionado por los disolventes orgánicos, pocos estudios han explorado los efectos que estas sustancias producen a nivel central.<sup>27</sup> Además, no existe un consenso para evaluar la exposición simultánea a ruido y disolventes orgánicos, así como programas de prevención del daño auditivo y vigilancia de las poblaciones en riesgo de padecerlo.<sup>28</sup> Por lo tanto, es importante establecer una batería de estudios que evalúe integralmente el daño auditivo, siendo los PEATC una herramienta plausible para este propósito.

Las limitaciones de este estudio abarcaron su naturaleza retrospectiva, además de la falta de mediciones de la circunferencia cefálica de los participantes, las cuales pudieron haber sido correlacionadas con los tiempos promedio de las ondas e intervalos. Adicionalmente, la exclusión de sujetos mayores de 65 años y el reducido número de participantes en la categoría de  $\geq 45$  años probablemente contribuyó a que las diferencias encontradas entre personas jóvenes y mayores fuesen pequeñas.

Puesto que la población no fue seleccionada aleatoriamente y no es representativa de la población adulta asegurada por el IMSS, los resultados obtenidos carecen de validez externa para su uso como valores de referencia en otros estudios; no obstante, debido a que los errores de medición y el efecto de las variables confusoras fueron controlados, los resultados obtenidos tienen validez interna para nuestros propósitos de investigación, ya que son valores de referencia útiles para los estudios audiológicos que realizamos y que incluyen la evaluación de los PEATC.

## Conclusiones

En este estudio se determinaron los tiempos promedio de las latencias de las ondas e intervalos de los PEATC en una muestra de adultos mexicanos.

De acuerdo con los modelos de regresión lineal múltiple, la edad y el sexo fueron las variables que presentaron mayor poder estadístico para explicar las

diferencias encontradas en las latencias de esta población. Asimismo, esta investigación contribuye a la consolidación de la evidencia para la estandarización de los PEATC, enfatizando la importancia de generar valores de referencia confiables y estándares para las pruebas de PEATC, con el objetivo de emplear esta herramienta diagnóstica en poblaciones sanas y en riesgo de padecer patologías auditivas.

## Agradecimientos

A todos los participantes que colaboraron en este estudio y al personal del Banco de Sangre del CMN SXXI que trabajó en conjunto con nosotros.

**Declaración de conflicto de intereses:** Los autores declaran que no existen conflictos de intereses.

## Referencias

- Vikash-Daga BE. Analysis of auditory evoked potential. Tesis MSc Electrical Engineering, Texas Tech University; 2002. 52 p.
- Guerreiro CAM, Ehrenberg BL. Brainstem auditory evoked response. Application in Neurology. *Arq Neuropsiquiat*. 1982;40(1):21-28.
- Zaher A. Visual and Brainstem Auditory Evoked Potentials in Neurology. En: Schwartz M, editor. *EMG Methods for Evaluating Muscle and Nerve Function* [en línea] 2012. Disponible en <http://www.intechopen.com/books/emg-methods-for-evaluating-muscle-and-nerve-function/visual-and-brainstem-auditory-evoked-potentials-in-neurology> ISBN: 978-953-307-793-2.
- Chaverri-Polini J. Potenciales evocados del nervio auditivo y del tronco cerebral. *Neuroeje*. 1998; 1:10-13.
- European Agency for Safety and Health at Work (EU-OSHA). Combined exposure to noise and ototoxic substances. European Risk Observatory Literature Review. Luxembourg: European Agency for Safety and Health at Work; 2009.
- Spehlmann R. Evoked potential primere. Stoneham, MA: Butterworth Publishers; 1985.
- Mayor J. Evaluación de los efectos de los solventes orgánicos. Los métodos neurológicos. *Salud de los Trabajadores*. 2005;3:107-115.
- Chiappa H. Evoked potentials in Clinical Medicine. 3rd ed. Philadelphia: Lippincott-Raven Publishers; 1997. p. 157-198.
- Rowe MJ. Normal variability of the brainstem auditory evoked response in young and old adult subjects. *Electroen Clin Neuro*. 1978;44:459-470.
- Jerger J, Hall J. Effects of age and sex on auditory brainstem response. *Arch Otolaryngol*. 1980;106:387-391.
- Delgado-Hernández J, Zenker-Castro F, Barajas-de Prat JJ. Normalización de los Potenciales Evocados Auditivos del Tronco Cerebral I: Resultados en una muestra de adultos normoyentes. *Revista Electrónica de Audiología* [Internet]. 2003; 2(1):[6 p.]. Available from: <http://www.auditio.com/docs/File/vol2/1/020104.pdf>
- Nuwer MR, Lehmann D, Lopes-da Silva F, Matsuoaka S, Sutherling W, et al. IFCN guidelines for topographic and frequency analysis of EEGs and EPs. The International Federation of Clinical Neurophysiology. *Electroen Clin Neuro*. 1999;52:15-20.
- Michalewski H, Thompson L, Patterson J, Bowman T, Litzelman D. Sex differences in the amplitudes and latencies of the human auditory brain stem potential. *Electroen Clin Neuro*. 1980;48:351-356.
- Houston H, McClelland R. Age and gender contributions to intersubject variability of the auditory brainstem potentials. *Biol Psychiatry*. 1985;20:419-430.
- Khatoon M, Niguthe S, Awari A. Brainstem auditory evoked potential in different age groups. *Int J of Biomed Res*. 2012; 3(6):271-276.
- Soares I, Menezes P, Carnáuba A, Pereira L. Standardization of brainstem auditory evoked potential using a new device. *Pró-Fono* 2010;22:421-426.
- Trune D, Mitchell C, Phillips D. The relative importance of head size, gender and age on the auditory brainstem response. *Hearing Res*. 1988;32:165-174.
- Elkind-Hirsch K, Stoner W, Stach B, Jerger J. Estrogen influences auditory brainstem responses during the normal menstrual cycle. *Hearing Res*. 1992;60:143-148.
- Al-Mana D, Ceranic B, Djahanbakhch O, Luxon L. Hormones and the auditory system: A review of physiology and pathophysiology. *Neuroscience*. 2008; 153:881-900.
- Mitchell C, Phillips D, Trune D. Variables affecting the auditory brainstem response: Audiogram, age, gender and head size. *Hearing Res*. 1989;40:75-86.
- Gathe B, Gandhe M, Gandhe S, Puttewar A, Saraf C, et al. Brainstem Auditory Evoked Potentials (BAEP)- A pilot study conducted on Young Healthy Adults from Central India. *J Clin Diagn Res*. 2014;8:BC16-BC18.
- Patterson J, Michalewski H, Thompson L, Bowman T, Litzelman D. Age and sex differences in the human auditory brainstem response. *J Gerontol*. 1981; 36:455-462.
- Chang S., Chen CJ, Lien CH, Sung FC. Hearing loss in workers exposed to toluene and noise. *Environ Health Perspect*. 2006;114:1283-1286.
- Kim J, Park H, Ha E, Jung T, Paik N, et al. Combined effects of noise and mixed solvents exposure on the hearing function among workers in the aviation industry. *Ind Health*. 2005;43:567-573.
- Morata TC, Johnson AC, Nylen P, Svensson EB, Cheng J, et al. Audiometric findings in workers exposed to low levels of styrene and noise. *J Occup Environ Med*. 2002;44:806-814.
- Sliwiska-Kowalska M. Combined Exposures to Noise and Chemicals at Work. En: Nriagu JO, editor. *Encyclopedia of Environmental Health*. Burlington: Elsevier; 2011. p. 755-763.
- Fuente A, McPherson B, Hickson L. Auditory dysfunction associated with solvent exposure. *BMC Public Health*. 2013;13:39. doi:10.1186/1471-2458-13-39.
- Morata T.C. Assessing occupational hearing loss: beyond noise exposures. *Scand Audiol*. 1998; 27:111-116