

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

---



DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO

FACULTAD DE MEDICINA

INSTITUTO MEXICANO DEL SEGURO SOCIAL

DELEGACIÓN SUR DEL DISTRITO FEDERAL

UMAE HOSPITAL DE ESPECIALIDADES CMN SIGLO XXI

“DR. BERNARDO SEPULVEDA”

**TÍTULO**

**EFFECTOS AUDITIVOS POR POTENCIALES EVOCADOS AUDITIVOS DE TALLO  
CEREBRAL EN TRABAJADORES EXPUESTOS EN FORMA COMBINADA A RUIDO  
Y DISOLVENTES ORGÁNICOS**

TESIS

PARA OBTENER EL DIPLOMA

EN LA ESPECIALIDAD DE AUDIOLOGÍA OTONEUROLOGÍA Y FONIATRÍA

PRESENTA:

DRA. ODEMARIS ESTEFANÍA CONTRERAS TAPIA

TUTOR PRINCIPAL

M EN C. CUAUHTÉMOC ARTURO JUÁREZ PÉREZ



---

CIUDAD DE MÉXICO

OCTUBRE 2021



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

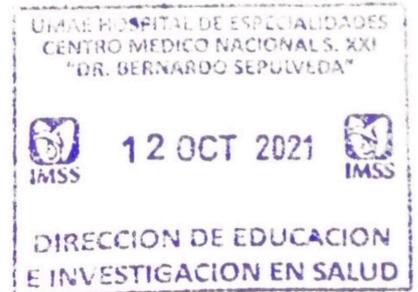
Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

**EFFECTOS AUDITIVOS POR POTENCIALES EVOCADOS AUDITIVOS DE TALLO CEREBRAL EN TRABAJADORES EXPUESTOS EN FORMA COMBINADA A RUIDO Y DISOLVENTES ORGÁNICOS**

(HOJA RECOLECTORA DE FIRMAS)

  
DOCTORA  
VICTORIA MENDOZA ZUBIETA



JEFE DE LA DIVISION DE EDUCACION EN SALUD  
UMAE HOSPITAL DE ESPECIALIDADES CMN SIGLO XXI

  
DOCTORA  
DULCE MARÍA MENDOZA UGALDE

PROFESORA TITULAR DE LA ESPECIALIDAD DE AUDIOLOGÍA, OTONEUROLOGÍA  
Y FONIATRÍA

UMAE HOSPITAL DE ESPECIALIDADES CMN SIGLO XXI

  
DOCTOR

CUAUHTÉMOC ARTURO JUÁREZ PÉREZ  
INVESTIGADOR ASOCIADO C DE LA UNIDAD DE INVESTIGACIÓN DE SALUD EN  
EL TRABAJO, CMNSXXI.



GOBIERNO DE  
MÉXICO



Dirección de Prestaciones Médicas  
Unidad de Educación, Investigación y  
Políticas de Salud  
Coordinación de Investigación en Salud  
División de Desarrollo de la Investigación  
Comité de Ética en Investigación



Ciudad de México, a 14 de mayo de 2021.

**Dr. Cuauhtémoc Arturo Juárez Pérez**  
Investigador Responsable  
Unidad de Investigación en Salud en el Trabajo  
Centro Médico Nacional Siglo XXI  
Presente

En relación con el protocolo titulado: "EFECTOS AUDITIVOS EN TRABAJADORES EXPUESTOS EN FORMA ÚNICA O COMBINADA A RUIDO, DISOLVENTES ORGÁNICOS Y PLOMO", con número de registro 2014-785-035, el Comité de Ética en Investigación CONBIOÉTICA-09-CEI-009-20160601 revisó y aprobó la solicitud de reaprobación anual del proyecto por el periodo del 12 de mayo de 2021 al 11 de mayo de 2022. A su vez, se aprueba el cronograma actualizado.

Sin otro particular, reciba un cordial saludo.

Atentamente

**Dr. Marcos Gutiérrez de la Barrera**  
Presidente  
Comité de Ética en Investigación  
Coordinación de Investigación en Salud  
Centro Médico Nacional Siglo XXI

IMSS  
CF-CNIC-2014-27



## **AGRADECIMIENTOS**

A mis padres: Rosa Ivette Tapia Silva y Jesús Zepahua Hernández, por siempre brindarme su amor, su apoyo y soporte incondicional.

A mi tutor: Cuauhtémoc Arturo Juárez Pérez, por sus enseñanzas y sustento para concluir mi tesis e inspirarme en el sendero de la investigación.

## **DEDICATORIAS**

A mi familia, por rodearme de amor y luz, por contribuir y confiar en mi desarrollo profesional y personal.

A todas las personas, que han sido y son parte de mi camino y me llenan de positivismo y esperanza cada día.

## Índice

1. Resumen.....	7
2. Marco Teórico.....	10
3. Justificación.....	15
4. Planteamiento del problema.....	16
5. Hipótesis .....	17
6. Objetivo .....	17
7. Material y métodos.....	18
7.1 Diseño del estudio.....	18
7.2 Criterios de selección.....	18
7.3 Tamaño de la muestra y análisis estadístico.....	18
7.4 Definición de variables.....	19
7.5 Aspectos éticos.....	22
8. Resultados .....	23
9. Discusión.....	29
10. Conclusión.....	31
11. Referencias bibliográficas.....	32
12. Anexos.....	34
12.1 Cuestionario de recolección de datos.....	34
12.2 Carta de consentimiento informado.....	36

## 1. RESUMEN

**Introducción.** La pérdida de la audición es un problema mundial que actualmente afecta a más de 460 millones de personas, con una prevalencia en aumento. Sus causas son múltiples, señalándose: las congénitas, hereditarias, sindrómicas, de causa infecciosa, por factores adversos al nacimiento, exposición a ruido ocupacional, ambiental y recreativo; y ototóxicos como los disolventes orgánicos y metales pesados, por enfermedades otológicas diversas, crónico-degenerativas y asociada al envejecimiento. En México el daño auditivo causado por ruido es de las patologías ocupacionales más diagnosticadas por el Instituto Mexicano del Seguro Social, por lo que las exposiciones laborales al ruido, han sido de interés por su alta prevalencia, su gravedad y consecuencias a nivel individual, social y económico, además en diversos ámbitos laborales coexiste con la exposición a ototóxicos conocidos como los disolventes orgánicos, por lo que en los últimos años ha sido objeto de estudio los efectos deletéreos sobre la audición al combinarse ambas exposiciones: ruido y disolventes orgánicos. **Objetivo general.** Identificar la relación entre los efectos auditivos por potenciales evocados auditivos de tallo cerebral, con la exposición única y/o combinada al ruido y mezcla de disolventes orgánicos. **Material y métodos.** Se desarrolló un estudio transversal, observacional y analítico en población trabajadora de una imprenta y un grupo control, a quienes se les realizó una timpanometría para descartar alteraciones de oído medio y posteriormente potenciales evocados auditivos de tallo cerebral para valorar el tiempo de las latencias e interlatencias de las ondas. **Análisis estadístico.** Se hizo un análisis estadístico univariado y bivariado para valorar la relación de los mismos con la exposición a ruido y solventes orgánicos, para dicho análisis se consideraron como posibles confusores la edad, el consumo de alcohol y/o tabaco y la coexistencia de enfermedades crónico-degenerativas, se desarrolló un análisis descriptivo con medias, desviación estándar e intervalos de confianza; así como frecuencias y porcentajes de las variables cualitativas y analítico con diferencia de medias, distribuciones y frecuencias con t-student, chi cuadrada o Mann Withney; así como un modelaje estadístico para estimar los predictores (modelos de regresión lineal múltiple y/o regresión logística). **Resultados.** Un aumento de las

latencias de las ondas I, III y V en el oído derecho y de la onda I en el oído izquierdo, fue hallado, aún después de ajustar el modelo por edad y al excluir la presencia de enfermedades crónico-degenerativas. **Conclusiones.** Los PEATC deben formar parte de la batería de pruebas audiológicas para valorar los efectos auditivos de la exposición a ruido y DO, el uso de una batería completa de pruebas audiológicas permite la detección precoz del daño auditivo en diferentes zonas de la vía auditiva y permite la implementación oportuna de medidas de prevención primaria y secundaria.

<b>i. Datos del alumno</b>	
Apellido paterno Apellido materno Nombre Teléfono	Contreras Tapia Odemaris Estefanía 55 79 09 44 15
Universidad facultad o escuela Carrera/especialidad	Universidad Nacional Autónoma de México Audiología, Otoneurología y Foniatría
No. De cuenta Correo electrónico	307017734 Dra.estefania.tapia@gmail.com
<b>ii. Datos de los tutores</b>	
<b>Tutor principal:</b>	Cuauhtémoc Arturo Juárez Pérez Investigador asociado C de la Unidad de Investigación de Salud en el Trabajo, CMNSXXI.
<b>iii. Datos de la tesis</b>	
<b>Título</b>	Efectos auditivos por potenciales evocados auditivos de tallo cerebral en trabajadores expuestos en forma combinada a ruido y disolventes orgánicos
<b>No. de páginas</b>	37
<b>Año</b>	2021
<b>Número de registro:</b>	R-2014-785-035

## 2. MARCO TEÓRICO

La Organización Mundial de la Salud (OMS), estima en 5% de la población mundial o 466 millones de personas (432 millones de adultos y 34 millones de niños), con pérdida auditiva discapacitante (hipoacusia moderada). Se espera que para el año 2050 más de 900 millones padecerán pérdida auditiva en algún rango. La hipoacusia produce consecuencias a nivel funcional y emocional, que conducen a una alteración de la comunicación oral, un pobre funcionamiento social, deterioro cognitivo, demencia, ansiedad, depresión y mayor riesgo de mortalidad, con un impacto económico aproximado de 750 000 millones de dólares al año mundialmente.<sup>i</sup> Según el censo del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (2010) del total de discapacitados, el 33.5% es debido a una dificultad para escuchar a pesar del uso de aparato auditivo<sup>ii</sup>, sin embargo en México no hay datos publicados sobre su prevalencia en adultos, en Latinoamérica, poco se sabe sobre la pérdida de audición en esta población, Chile señala cerca de 1.5 millones. En Canadá, 25% de los individuos con pérdida auditiva son menores de 40 años y 70% menores a 60 años, en Estados Unidos, 7.4% son menores de 40 años y 14.6% menores a 60 años, en Europa, cerca de 71 millones de adultos de 18 a 80 años, Australia estima 7.5 millones y Asia informa 25 millones de personas.<sup>iii</sup> La prevalencia de la hipoacusia es creciente y las causas que la originan son múltiples, señalándose: las congénitas, hereditarias, sindrómicas, de causa infecciosa, por factores adversos al nacimiento, exposición a ruido (ocupacional, ambiental y recreacional), ototóxicos (fármacos, disolventes orgánicos y metales pesados), por enfermedades otológicas diversas, crónico-degenerativas y asociada al envejecimiento (presbiacusia); ésta última inicia alrededor de los 30-35 años de edad, da sus primeras manifestaciones clínicas a los 50 a 60 años de edad<sup>iv</sup> y se traduce en pérdida de la audición de 16.75 decibels (dB) a los 60 años.<sup>v</sup>

### ***El ruido***

La exposición a ruido es prevalente en muchos lugares de trabajo, 16% de la pérdida auditiva en adultos es atribuida a la exposición laboral a ruido, siendo esta la segunda enfermedad ocupacional autoreportada más común. La exposición

prolongada a niveles de ruido superiores a 80 dB (A) produce un mayor riesgo de pérdida auditiva, que aumenta con relación al nivel de ruido y la edad. Diez años de exposición al ruido conllevan un riesgo relativo de discapacidad auditiva de 9,9 para un trabajador de 35 años y de 1,8 para un trabajador de 65 años en comparación con sus compañeros no expuestos.<sup>vi</sup>

Sólo en los Estados Unidos más de 30 millones de trabajadores están expuestos a ruidos mayores a 85 dB(A). De las diversas actividades económicas con exposiciones de 90 a 100 dB(A), se han señalado a la construcción, minería, agricultura, manufactura metalmecánica, transportación aérea, eléctrica y la actividad militar. Las que presentan niveles de ruido de 90 dB(A) o más, se menciona a la textil, petrolera, aserraderos y alimentaria. Otras que presentan significativos niveles de ruido son: transportación terrestre, fábricas de producción de metal, canteras, arcilla y vidrio, industrias primarias de metal, llanteras, químicas, de papel y de equipos eléctricos.<sup>vii</sup>

La cóclea, particularmente el segundo cuadrante de su espiral basal, donde se ubican las células ciliadas receptoras de los 4 KHz, es la parte más afectada por los ruidos de alta intensidad.<sup>viii</sup> El ruido produce cambios celulares temporales o permanentes, dentro de las alteraciones permanentes, a través de causas mecánicas, como: ruptura, colapso, fusión o alteración de los cilios, microlesiones de la membrana plasmática de los cilios y microlesiones de la membrana plasmática de las células ciliadas cocleares, desgarros en la membrana de Reissner; o metabólicas, como: fenómenos excitotóxicos que conduce a inflamación aguda y la generación de especies reactivas de oxígeno a nivel de las células sensoriales del órgano de Corti.<sup>ix</sup> En fases avanzadas la hipoacusia producida afecta la comunicación oral, esta suele ser bilateral, simétrica, acompañada de acúfenos y de tipo neurosensorial. En México el daño auditivo causado por ruido es de las patologías ocupacionales más diagnosticadas por el Instituto Mexicano del Seguro Social, el trauma acústico crónico (TAC) representó en el año 2000 el 41% del total de enfermedades de trabajo registradas en el Instituto.<sup>v</sup> Hernández-Gaytán,

et al (2000), reportaron una prevalencia de TAC del 55.3% en trabajadores de una fábrica cementera, incrementándose a 65% cuando la exposición era mayor a 90 dB(A).<sup>x</sup> Tirado, et al (1999) estudiaron a 1021 trabajadores de diversas actividades económicas, quienes demandaban reconocimiento del daño auditivo por exposición laboral a ruido, la prevalencia de hipoacusia fue del 66%, y las enfermedades crónico- degenerativas incluidas (diabetes, hipertensión e hipercolesterolemia) mostraron una significancia estadística ( $p = 0.00057$ ), relacionada con el trauma acústico. El rango del tiempo de exposición al ruido en esta población fluctuó de 1 a 21 años.<sup>xi</sup> Zamorano, et al (2010) reportaron una prevalencia de pérdida auditiva del 47%, con una media de edad de 35.9 años y una antigüedad de 8.7 años en una fábrica metalmecánica. La prevalencia se incrementó conforme aumentaban los años de exposición, de 12% con una exposición de 1 a 5 años a 81% con una exposición de 11 a 15 años.<sup>xii</sup>

Además de los daños auditivos generados por el ruido, este se ha relacionado también con estrés, fatiga e hipertensión, así como alteraciones en el proceso de cognición.<sup>xiii,xiv,xv</sup>

### ***Disolventes orgánicos***

Los disolventes orgánicos (DO) como: tolueno, estireno, xileno, tricloroetileno y disulfuro de carbono, y sus combinaciones se usan comúnmente en la industria a escala mundial, y presentan un riesgo para la audición y el equilibrio, aunque su contribución al daño auditivo se ha infraestimado, ya que la mayoría de los entornos laborales donde se producen exposiciones a disolvente coadyuvan con ruido, por lo que, las pérdidas auditivas observadas en estos entornos, a menudo se han atribuido exclusivamente a la exposición a ruido. A nivel experimental en animales de laboratorio y en humanos los DO pueden producir una discapacidad auditiva permanente. Se ha demostrado que el tolueno daña las células ciliadas externas, perturbando su movilidad y la regulación del calcio intracelular, el tricloroetileno, afecta preferentemente la función de las células ciliadas internas y las células ganglionares espirales.<sup>xvi</sup> Los solventes ingresan al organismo a través de la

inhalación, ingestión o absorción cutánea, estos químicos son lipofílicos y muy afines al sistema nervioso y pueden producir una discapacidad auditiva permanente, por efectos adversos a la cóclea y las vías auditivas centrales.

Dentro de los estudios electrofisiológicos que evalúan la vía auditiva central, encontramos a nivel del tallo encefálico los potenciales evocados auditivos de tallo cerebral (PEATC), en tálamo y corteza auditiva primaria: los potenciales de latencia media, y para la corteza auditiva primaria y asociativa: los potenciales de latencia larga. Los PEATC pueden ser clínicamente útiles en la detección temprana de los efectos auditivos centrales inducidos por exposición a solventes, solos o en conjunto con las otoemisiones acústicas. Diversos estudios han mostrado alteraciones en las vías auditivas centrales al encontrar un aumento de las latencias e interlatencias en los PEATC y en los potenciales evocados auditivos de latencia media y larga. <sup>xvii</sup> Rebert, C. S. et al (1995) quienes evaluaron a través de potenciales evocados auditivos de tallo cerebral, en ratas macho, la función auditiva y encontraron un efecto aditivo ototóxico de la combinación de diferentes disolventes<sup>xviii</sup>, por otro lado Simonsen L. et al (1995), expusieron a ratas a n-Heptane por cuatro semanas a DO, hallando también pérdida de audición en ellas, los potenciales evocados auditivos de tallo cerebral mostraban disminución de las amplitudes de los picos de las ondas Ia y IV, además de un umbral auditivo de aproximadamente 10 dB más en las ratas expuestas, por lo que propusieron que la amplitud de la onda lenta IV podría ser un parámetro más sensible para medir el efecto inducido por n-heptano que la amplitud del componente Ia (la onda Ia es un indicador más específico de daño coclear), sin embargo, respecto a las latencias de dichas ondas, no hallaron diferencias. La concentración de exposición, la duración de la exposición diaria y la duración del período de exposición fueron de gran importancia para la discapacidad auditiva inducida. <sup>xix</sup>

La región de frecuencia media de la cóclea se ve particularmente afectada por los DO, por lo que la batería de pruebas utilizada para evaluar su afección no debería ser la misma que la que se utiliza para valorar la hipoacusia inducida por exposición

a ruido. En estudios epidemiológicos con trabajadores expuestos a DO se ha reportado mayor prevalencia de hipoacusia y alteraciones de pruebas conductuales auditivas centrales como las pruebas de dígitos dicóticos, de resolución temporal y de percepción del habla, a pesar de encontrar curvas audiométricas normales, por lo que la evaluación de la hipoacusia por solventes debería incluir pruebas que exploren el sistema auditivo periférico y central, y no exclusivamente la audiometría de tonos puros. <sup>xx, xxi</sup>

### ***La sinergia***

Diversos estudios realizados en las últimas tres décadas han utilizado evaluaciones audiométricas para valorar los efectos auditivos de la exposición combinada a ruido y DO, demostrando prevalencias elevadas de pérdida auditiva. Así, Bergstrom, et al (1986), siguieron durante veinte años a una población de trabajadores de una empresa de procesamiento de madera, expuesta a ruido exclusivamente o en combinación con químicos, a niveles entre 95 a 100 dB(A) o entre 80 a 90 dB(A), respectivamente, el grupo con exposición a químicos, a pesar de laborar en ambientes con menores intensidades presentó hipoacusia en el 23%, en comparación con los expuestos únicamente a ruido 5-8%, <sup>xxii</sup>. Morata, et al. (1993), en una población de empleados de la industria de imprenta y manufactura de pinturas, identificaron a través de audiometrías tonales, hipoacusia de leve a profunda, en 53% del grupo expuesto a ruido y tolueno, en 26% del expuesto sólo a ruido, en 18% del expuesto a una mezcla de DO y en 8% del grupo no expuesto, además a través de medidas del reflejo estapedial, hallaron un decaimiento del reflejo significativamente mayor en el grupo expuesto a ruido y tolueno, demostrando una pérdida auditiva que difiere de la producida por exposición única a ruido, en su mecanismo y localización, y por lo tanto, un daño en el sistema auditivo más allá del oído interno. <sup>xxiii</sup> Sliwinska-Kowalska, et al (2001) observaron dos grupos expuestos a DO y/o ruido, provenientes de cuatro empresas de pintura y laca; el grupo de expuestos a ruido y solventes tuvo la incidencia más alta de hipoacusia (61.5%)<sup>xxiv</sup>, además Sliwinska-Kowalska, et al (2004) en trabajadores de

un astillero reportaron un *odds ratio* (OR)= 4.88 en el grupo de exposición a ruido y DO contra un OR=3.34 en los empleados expuestos exclusivamente a ruido <sup>xxv</sup>. Chang, et al (2006), en una planta de fabricación de materiales adhesivos reportaron pérdidas auditivas del 86.2% entre los trabajadores expuestos a tolueno y ruido entre 78.6–87.1 dB(A), del 44.8% en expuestos sólo a ruido entre 83.5-90 dB(A) y del 5% en aquellos con exposiciones entre 67.9-72.6 dB(A)<sup>xxvi</sup> Yang, et al. (2016) estudiaron trabajadores expuestos ruido y a adhesivos epóxicos que contienen DO, la prevalencia de la pérdida auditiva inducida por ruido y DO fue del 42% en comparación del 21% en los trabajadores no expuestos a DO y del 9,3% en el grupo sin exposición a ruido. <sup>xxvii</sup>

La variabilidad de estos resultados se puede explicar debido a la diversa composición tóxica de las mezclas, el uso o no de equipo de protección personal (mascarillas, guantes y tapones auditivos), concentraciones y tiempos mayores de exposición a DO con o sin adecuados sistemas de ventilación, así como a diferentes niveles de ruido y su duración.

### **3. JUSTIFICACIÓN**

El daño auditivo asociado al ruido es la principal enfermedad crónica ocupacional calificada en el IMSS. Ésta tiene implicaciones económicas por las incapacidades permanentes y parciales que genera. Se han realizado cálculos para el año 2002, y sólo con relación al salario se gastan en 1867 casos de hipoacusia, 185 millones de pesos <sup>v</sup>, sin contar las pérdidas económicas que implica el ausentismo laboral, el mayor número de accidentes de trabajo, el aislamiento, los conflictos sociales, familiares y las alteraciones emocionales relacionadas como la depresión. La hipoacusia es una patología con prevalencia creciente por las múltiples etiologías y factores de riesgo que conducen a su aparición, repercute en los ámbitos social, funcional y económico y propicia un problema de salud pública a nivel nacional y mundial. Según la OMS, para el 2050 la población que padece hipoacusia se duplicará <sup>i</sup>, por lo que es necesaria la identificación de pacientes en riesgo de

presentar daño auditivo, a través de un adecuado arsenal de herramientas para promover la creación de estrategias masivas con enfoque de salud pública, dirigidas a la prevención primaria, secundaria y el tratamiento de los factores que detengan la aparición o progresión del daño auditivo.

#### **4. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

Diversas investigaciones han estudiado la implicación de la exposición laboral a disolventes orgánicos como favorecedores de daño auditivo, en su mayoría evaluando el efecto auditivo exclusivamente a través de evaluaciones audiométricas. En México, se han realizado escasas publicaciones al respecto y no existen políticas públicas de vigilancia epidemiológica de los trabajadores de los sectores industriales expuestos a DO y ruido; sólo Juárez-Pérez, et al (2014) han investigado los efectos auditivos de la exposición laboral y combinada a DO y ruido, a través de una batería audiológica compuesta por audiometría tonal y PEATC, encontrando un aumento significativo en las latencias e interlatencias de las ondas, sin embargo la edad y las enfermedades crónico-degenerativas fueron confusores en el modelo durante el análisis estadístico <sup>xxviii</sup>, por lo que es necesario continuar la investigación de la exposición combinada a ruido y DO, controlando dichos factores confusores y así lograr tener un panorama epidemiológico, que considere los efectos de la exposición combinada a ruido y DO, y permita conocer la magnitud de la exposición sobre los efectos auditivos. Por lo que el presente estudio contribuye a replantearse la necesidad de incluir una batería audiológica que incluya PEATC, y a considerar modificar normas laborales actuales, donde sólo se toman en cuenta los efectos aislados de estos riesgos.

#### ***Pregunta de investigación***

¿Los efectos auditivos valorados por potenciales evocados auditivos de tallo cerebral, en los trabajadores en estudio, están relacionados con la exposición combinada a los disolventes orgánicos y ruido? ¿Existe un efecto potenciador del ruido en trabajadores expuestos simultáneamente a disolventes orgánicos?

## **5. HIPÓTESIS**

Los incrementos observados en el tiempo de latencia de los potenciales evocados auditivos de tallo cerebral están relacionados con la exposición a disolventes orgánicos en los trabajadores estudiados, y presentan un efecto potenciador ante la exposición simultánea al ruido.

## **6. OBJETIVOS**

### **Objetivo general**

Identificar la relación entre los efectos auditivos por potenciales evocados auditivos de tallo cerebral, así como su relación con la exposición única y/o combinada a ruido y mezcla de disolventes orgánicos.

### **Objetivos específicos**

- 1) Identificar la presencia de antecedentes laborales de exposición a ruido y DO.
- 2) Evaluar los efectos auditivos por potenciales evocados auditivos de tallo cerebral.
- 3) Investigar la relación entre el tiempo de latencia de los potenciales evocados auditivos de tallo cerebral y el antecedente de exposición laboral a ruido y disolventes orgánicos.
- 4) Examinar el tiempo de latencia de las ondas en los potenciales evocados auditivos de tallo cerebral y las variables confusoras y sus posibles interacciones (edad y enfermedades crónico-degenerativas: diabetes mellitus e hipertensión arterial).

## 7. MATERIAL Y MÉTODOS

### ❖ 7.1 *Diseño del estudio*

Es un estudio transversal, observacional y analítico.

Lugar: UMAE Hospital de Especialidades “Dr. Bernardo Sepúlveda”, Centro Médico Nacional Siglo XXI.

Población: Trabajadores de una imprenta

### ❖ 7.2 *Criterios de selección/inclusión*

- Trabajadores con un año mínimo de antigüedad laboral, expuestos laboralmente a disolventes orgánicos y ruido.

- Edad mayor a 18 años

- Previo firma de consentimiento informado

Criterios de exclusión

- Rechazar participación en estudio

Criterios de eliminación

- Timpanometrias que sugieran alteración de oído medio

- Datos incompletos en los potenciales evocados auditivos de tallo cerebral.

### ❖ 7.3 *Tamaño de la muestra y análisis estadístico.*

*Tamaño de la muestra.* La muestra se obtuvo por conveniencia y fue conformada por 143 trabajadores del sexo masculino, con exposición laboral a ruido y disolventes orgánicos. Se estableció un grupo de referencia o control, conformado por 54 trabajadores con características socioeconómicas y laborales similares al grupo estudiado, pero sin exposición laboral a ruido o disolventes orgánicos, lo que permitió contrastar los resultados con los de las categorías de exposición. Después de aplicar los criterios de exclusión, la muestra conformada por el grupo expuesto y el grupo control, tuvo un total de 178 participantes.

*Análisis estadístico.* Se realizó un análisis de cada variable independiente, confusoras e indicadores para establecer su correlación con las latencias e intervalos interlatencia de las ondas de los potenciales evocados auditivos de tallo cerebral. Para las variables cuantitativas se buscaron medias, medianas, desviación estándar, percentiles y gráficas; para definir el estadístico a utilizar, paramétrico o no paramétrico. Las variables cualitativas fueron descritas por sus frecuencias y porcentajes. Se aplicaron pruebas de hipótesis con diferencias de medias y/o distribuciones (t-student o U-Mann Withney) y chi cuadrada para las variables cualitativas. Se realizó una matriz de correlación de variables con P Pearson si los datos tenían una distribución normal o coeficiente de spearman si los datos eran anormales.

Se realizó un análisis de regresión lineal múltiple, considerando como variable dependiente las latencias e intervalos interlatencia de las ondas de los potenciales evocados auditivos de tallo cerebral, para ambos oídos, se realizaron modelos considerando cada una de las variables independientes y confusoras. Las variables cualitativas se transformaron de manera binaria y fueron consideradas como variables indicadoras.

Las variables confusoras edad, alcoholismo, tabaquismo, enfermedades crónico-degenerativas (diabetes mellitus + hipertensión arterial sistémica), se incluyeron en el modelo de regresión multivariado para ajustar las covariables.

Instrumentos utilizados:

- Cuestionario para conocer antecedentes personales de importancia y laborales.

#### ❖ **7.4 Definición de variables incluidas.**

\*Variable dependiente.

##### *1. Latencias de las ondas en potenciales evocados auditivos de tallo cerebral*

-Definición conceptual. Los potenciales evocados auditivos de tallo cerebral (PEATC) representan la respuesta del sistema nervioso central ante un estímulo acústico.<sup>1</sup> Están compuestos por 5 a 7 espigas [ondas] 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>xxix</sup>

-Definición operacional. Latencia de aparición de las ondas I, III y V y sus interlatencias (I-III, III-V y I-V), respectivamente, obtenidas en los PEATC ante un estímulo acústico.

-Tipo de variable. Cuantitativa discreta

-Escala de medición: milisegundos (ms)

\*Variables independientes.

#### *1. Exposición laboral a disolventes orgánicos y ruido*

-Definición conceptual. “Las sustancias químicas solas o combinadas con ruido de alto nivel se han convertido recientemente en una gran preocupación como causa de pérdida auditiva ocupacional [...]Las sustancias químicas que incluyen disolventes también pueden tener efectos ototóxicos en el sistema auditivo, lo que resulta en pérdida de audición”<sup>xxx</sup>

-Definición operacional. Empleado expuesto laboralmente a disolventes y ruido.

-Tipo de variable: Cualitativa binaria

-Escala de medición: Expuesto (1) o no expuesto (0).

\*Variables confusoras e indicadoras

#### *1. Edad.*

-Definición conceptual. Tiempo que ha vivido una persona o ciertos animales o vegetales. <sup>xxxi</sup>

-Definición operacional. Años cumplidos de una persona.

-Tipo de variable. Cuantitativa discreta

-Escala de medición: Años.

## 2. *Enfermedades crónico-degenerativas*

-Definición conceptual. Diabetes mellitus tipo 2 (DM2), a la enfermedad sistémica, crónico-degenerativa, que se caracteriza por hiperglucemia crónica debido a la deficiencia en la producción o acción de insulina, lo que afecta al metabolismo intermedio de los hidratos de carbono, proteínas y grasas<sup>51</sup> *Hipertensión arterial sistémica (HAS)*, enfermedad crónico-degenerativa que se caracteriza por la tensión excesivamente alta de la sangre.<sup>6, 52</sup>

-Definición operacional: Al antecedente autoreportado del diagnóstico de DM2 o HAS a través del instrumento de recolección.

-Tipo de variable. Cualitativa binaria

-Escala de medición: Sí (1), No (0)

## 3. *Tabaquismo:*

-Definición conceptual. Es la adicción al tabaco u otros productos del tabaco<sup>51</sup>

-Definición operacional. Al antecedente autoreportado de consumo actual o pasado de tabaco a través del instrumento de recolección

-Tipo de variable. Cualitativa binaria

-Escala de medición: Sí (1), No (0)

## 4. *Alcoholismo.*

-Definición conceptual. Abuso en el consumo de bebidas alcohólicas.<sup>52</sup>

-Definición operacional: Al antecedente autoreportado de consumo actual o pasado de alcohol a través del instrumento de recolección

-Tipo de variable. Cualitativa binaria

-Escala de medición: Sí (1), No (0)

**Procedimientos:** Con equipos previamente calibrados y estandarizadas las evaluaciones; se realizó por personal previamente capacitado para estandarizar los procedimientos, una exploración otoscópica, una timpanometría 226 Hz para determinar la función normal del oído medio (presión -150 a +50 y complianza 0.3 ml), posteriormente en ambos grupos se realizaron PEATC, a través del sistema

Nicolet Viking Quest Auditory EP, con previo aseo en las áreas asignadas donde se colocaron los electrodos, de acuerdo al Sistema Internacional 10-20, CZ - en el vértex (polo positivo), A1 - región mastoidea izquierda (polo negativo), A2 - región mastoidea derecha (polo negativo), FPZ - región frontal a 10% sobre el nasión (electrodo de tierra). Una vez colocados se conectó cada uno al sitio apropiado del amplificador. Posteriormente, se le indicó a cada uno de los sujetos colocarse en decúbito, confortables, cómodos y con los ojos cerrados. Luego se le colocaron los audífonos tipo TDH39 sobre los pabellones auriculares, se revisaron impedancias de cada uno de los electrodos, las cuales no excedieron 5 Kohm (5 000 Ohms). Los parámetros para el registro del protocolo fueron los siguientes: intensidad 80 dB HL, promediación en 2,000 muestras, con estímulo tipo clic, polaridad rarefacción, tasa de estimulación de 33 Hz con filtros pasabanda de 150 a 3 000 Hz y con enmascaramiento contralateral con ruido blanco, a una intensidad de 40 dB, menor que el estímulo de clic. Se identificaron los componentes I, III y V a 80 dB HL en cada oído. Se valorarán las latencias absolutas e intervalos interlatencia, tanto del oído derecho como del izquierdo, así como las relaciones de amplitud I-V en 80 dB.

#### ❖ 7.5 Aspectos éticos

La información fue recolectada previo consentimiento informado de los participantes, por lo que el valor de la autonomía será preservado en todo momento, no se interfirió bajo ningún acto en las decisiones personales ni en la decisión de participar y/o permanecer en la presente investigación. Toda información, datos recolectados y resultados obtenidos se mantienen bajo estricto anonimato y confidencialidad, sólo los investigadores relacionados con la presente investigación tienen conocimiento y acceso a los datos, los cuales se analizaron de manera conjunta y para uso exclusivo de esta investigación. El registro de estos datos en una base general para su análisis, no contiene ningún identificador personal, nuestras acciones se condujeron con responsabilidad moral, asertividad y objetividad hacia los fines propuestos, respetando la dignidad, decisiones, bienestar y conservación de la integridad física de los participantes con base en el Reglamento de la Ley General de Salud en materia de investigación para la salud,

publicada y vigente para nuestro país, de acuerdo a la misma en su Título segundo: De los Aspectos Éticos de la Investigación en Seres Humanos capítulo I, artículo 17, fracción II, la presente investigación se considera: Investigación con riesgo mínimo: -Estudios prospectivos que emplean el riesgo de datos a través de procedimientos comunes en exámenes físicos o psicológicos de diagnósticos o tratamiento rutinarios, entre los que se consideran: pesar al sujeto, pruebas de agudeza auditiva; electrocardiograma, termografía, colección de excretas y secreciones externas, obtención de placenta durante el parto, colección de líquido amniótico al romperse las membranas, obtención de saliva, dientes deciduales y dientes permanentes extraídos por indicación terapéutica, placa dental y cálculos removidos por procedimiento profilácticos no invasores, corte de pelo y uñas sin causar desfiguración, extracción de sangre por punción venosa en adultos en buen estado de salud, con frecuencia máxima de dos veces a la semana y volumen máximo de 450 MI. en dos meses, excepto durante el embarazo, ejercicio moderado en voluntarios sanos, pruebas psicológicas a individuos o grupos en los que no se manipulará la conducta del sujeto, investigación con medicamentos de uso común, amplio margen terapéutico, autorizados para su venta, empleando las indicaciones, dosis y vías de administración establecidas y que no sean 28 los medicamentos de investigación que se definen en el artículo 65 de este Reglamento, entre otros”.

## **8. RESULTADOS**

La edad entre el grupo expuesto y el grupo control fue diferente, el grupo control mostró una mayor edad, siendo esta estadísticamente significativa, al igual que la presencia de enfermedades crónico-degenerativas en el grupo expuesto (Tabla 1), por lo que ante la pequeña proporción de individuos con la presencia de dicho factor confusor en el grupo expuesto, para el análisis bivariado fueron excluidos los pacientes portadores de dichas patologías (DM2 y HAS).

Tabla 1. Características demográficas y factores confusores entre el grupo expuesto y el grupo control.

<b>Variabes</b>	<b>Grupo expuesto mediana/media, DE, [95% CI]</b>	<b>Grupo control mediana/media, DE, [95% CI]</b>	<b>p</b>
<b>Edad</b>	n= 143 35 [29-42]	n= 54 28 [23-33]	0.0000*
<b>Antigüedad</b>	n=143 9.46 (7.15)	-	
<b>Alcoholismo</b>	114	38	0.241
<b>Tabaquismo</b>	84	21	0.010
<b>Enfermedades crónico-degenerativas (DM2+ HAS)</b>	19	0	0.005*

El análisis univariado en el oído derecho, mostró una significancia estadística en las latencias de las ondas I, III y V, al igual que para las interlatencias I-III y I-V. No se encontraron diferencias significativas por latencias o interlatencias entre ambos grupos de acuerdo con la ingesta de alcohol, tabaquismo o la presencia de enfermedades crónico-degenerativas. (Tabla 2)

Tabla 2. Análisis univariado entre grupo de pacientes expuestos y grupo control, latencias e interlatencias, oído derecho

	<b>Expuestos (n=143) media, DE, [95% CI]</b>	<b>No expuestos (n=54) media, DE, [95% CI]</b>	<b>p</b>
<b>Latencia onda I</b>	1.792 .127 [1.771 - 1.813]	1.729 .138 [1.692 - 1.767]	0.0030*
<b>Latencia onda III</b>	4.032 .192 [3.999 - 4.064]	3.889 .159 [3.845 - 3.932]	0.0000*
<b>Latencia onda V</b>	5.999 .289 [5.952 - 6.048]	5.838 .273 [5.763 - 5.912]	0.0005*
<b>Interlatencia I-III</b>	2.248 .292	2.16 .176	0.0384*

	[2.199 - 2.296]	[2.111 - 2.207]	
<b>Interlatencia III-V</b>	1.978 .168 [1.95 - 2.006]	1.949 .228 [1.887 - 2.011]	0.3365
<b>Interlatencia I-V</b>	4.212 .208 [4.177 - 4.246]	4.109 .301 [4.026 - 4.191]	.0070*

<b>Ingesta de alcohol</b>	<b>Sí (n=152) media, DE, [95% CI]</b>	<b>No (n=41) media, DE, [95% CI]</b>	<b>p</b>
<b>Latencia onda I</b>	1.785 .130 [1.764 - 1.806]	1.747 .141 [1.702 - 1.791]	0.1068
<b>Latencia onda III</b>	4.005 .196 [3.973 - 4.036]	3.965 .175 [3.910 - 4.020]	0.2373
<b>Latencia onda V</b>	5.957 .307 [5.908 - 6.006]	5.972 .238 [5.896 - 6.047]	0.7787
<b>Interlatencia I-III</b>	2.228 .292 [2.181 - 2.275]	2.218 .152 [2.170 - 2.266]	0.8418
<b>Interlatencia III-V</b>	1.965 .180 [1.936 - 1.994]	1.994 .214 [1.926 - 2.061]	0.3897
<b>Interlatencia I-V</b>	4.180 .246 [4.14 - 4.22]	4.210 .217 [4.142 - 4.279]	0.4742

<b>Tabaquismo</b>	<b>Sí (n=105) media, DE, [95% CI]</b>	<b>No (n=90) media, DE, [95% CI]</b>	<b>p</b>
<b>Latencia onda I</b>	1.787 .136 [1.760 - 1.813]	1.762 .13 [1.735 - 1.79]	0.1952
<b>Latencia onda III</b>	3.993 .188 [3.958 - 4.030]	3.990 .204 [3.947 - 4.033]	0.9004
<b>Latencia onda V</b>	5.954 .307 [5.895 - 6.013]	5.957 .282 [5.898 - 6.017]	0.9376
<b>Interlatencia I-III</b>	2.200 .164 [2.168 - 2.232]	2.248 .354 [2.174 - 2.323]	0.2121
<b>Interlatencia III-V</b>	1.9801 .176 [1.946 - 2.015]	1.96 .199 [1.918 - 2.001]	0.4285
<b>Interlatencia I-V</b>	4.179 .222 [4.136 - 4.222]	4.187 .265 [4.132 - 4.242]	0.8262

Enfermedades crónico-degenerativas	Sí (n=19) media, DE, [95% CI]	No (n=177) media, DE, [95% CI]	p
Latencia onda I	1.777 .142 [1.708 - 1.845]	1.775 .133 [1.755 - 1.794]	0.9414
Latencia onda III	4.044 .170 [3.962 - 4.126]	3.986 .197 [3.957 - 4.016]	0.2186
Latencia onda V	6.04 .3160 [5.888 - 6.192]	5.946 .291 [5.903 - 5.989]	0.1863
Interlatencia I-III	2.252 .158 [2.175 - 2.328]	2.220 .278 [2.179 - 2.261]	0.6296
Interlatencia III-V	1.992 .200 [1.895 - 2.088]	1.968 .186 [1.940 - 1.996]	0.6018
Interlatencia I-V	4.242 .248 [4.123 - 4.362]	4.177 .241 [4.141 - 4.213]	0.2650

En el oído izquierdo, al igual que en el oído derecho, el análisis univariado mostró una diferencia significativa entre los grupos para las latencias de las ondas I, III y V, así como para el tiempo de conducción central (interlatencia I-V), en este oído, además también fue significativa la diferencia para la latencia de la onda I en relación con la ingesta de alcohol y en la interlatencia III-V para los pacientes con enfermedades crónico-degenerativas. (Tabla 3)

Tabla 3. Análisis univariado entre grupo de pacientes expuestos y grupo control, latencias e interlatencias, oído izquierdo

	Expuestos (n=143) media, DE, [95% CI]	No expuestos (n=54) media, DE, [95% CI]	p
Latencia onda I	1.824 .132 [1.802 - 1.846]	1.745 .137 [1.707 - 1.782]	0.0003*
Latencia onda III	4.063 .181 [4.033 - 4.093]	3.95 .141 [3.911 - 3.989]	0.0001*
Latencia onda V	6.004 .240 [5.964 - 6.044]	5.824 .335 [5.732 - 5.915]	0.0000 *
Interlatencia I-III	2.234 .187 [2.208 - 2.27]	2.205 .19 [2.153 - 2.257]	0.2603
Interlatencia III-V	1.96 .243 [1.92 - 1.999]	1.911 .203 [1.856 - 1.967]	0.1929

<b>Interlatencia I-V</b>	4.187 .229 [4.149 - 4.225]	4.116 .246 [4.049 - 4.183]	0.0590*
--------------------------	----------------------------------	----------------------------------	---------

<b>Ingesta de alcohol</b>	<b>Sí (n=152) media, DE, [95% CI]</b>	<b>No (n=41) media, DE, [95% CI]</b>	<b>p</b>
<b>Latencia onda I</b>	1.821 .14 [1.80 - 1.84]	1.74 .111 [1.7045 - 1.78]	0.0008**
<b>Latencia onda III</b>	4.048 .181 [4.018 - 4.077]	3.994 .142 [3.95 - 4.04]	0.0840
<b>Latencia onda V</b>	5.97 .298 [5.918 - 6.013]	5.925 .212 [5.86 - 5.99]	0.4191
<b>Interlatencia I-III</b>	2.225 .193 [2.193 - 2.256]	2.262 .153 [2.213 - 2.310]	0.2511
<b>Interlatencia III-V</b>	1.95 .237 [1.911 - 1.988]	1.928 .220 [1.859 - 1.998]	0.6101
<b>Interlatencia I-V</b>	4.164 .2381 [4.127 - 4.202]	4.185 .229 [4.113 - 4.258]	0.6126

<b>Tabaquismo</b>	<b>Sí (n=105) media, DE, [95% CI]</b>	<b>No (n=90) media, DE, [95% CI]</b>	<b>p</b>
<b>Latencia onda I</b>	1.812 .142 [1.785 - 1.84]	1.792 .133 [1.76 - 1.82]	0.3048
<b>Latencia onda III</b>	4.052 .191 [4.015 - 4.089]	4.009 .162 [3.98 - 4.043]	0.0993
<b>Latencia onda V</b>	5.971 .232 [5.926 - 6.015]	5.937 .33 [5.87 - 6.006]	0.4082
<b>Interlatencia I-III</b>	2.24 .2005 [2.200 - 2.278]	2.217 .174 [2.181 - 2.254]	0.4203
<b>Interlatencia III-V</b>	1.927 .183 [1.892 - 1.962]	1.97 .280 [1.911 - 2.028]	0.2063
<b>Interlatencia I-V</b>	4.171 .220 [4.128 - 4.213]	4.164 .254 [4.111 - 4.217]	0.8416

<b>Enfermedades crónico-degenerativas</b>	<b>Sí (n=19) media, DE, [95% CI]</b>	<b>No (n=177) media, DE, [95% CI]</b>	<b>p</b>
<b>Latencia onda I</b>	1.818 .146	1.801 .1371	0.6083

	[1.747 - 1.889]	[1.780 - 1.821]	
<b>Latencia onda III</b>	4.085 .201 [3.988 - 4.182]	4.026 .176 [4.000 - 4.052]	0.1718
<b>Latencia onda V</b>	6.054 .234 [5.941 - 6.167]	5.943 .284 [5.901 - 5.985]	0.1024
<b>Interlatencia I-III</b>	2.277 .181 [2.19 - 2.363]	2.225 .189 [2.197 - 2.252]	0.2506
<b>Interlatencia III-V</b>	2.072 .44 [1.86 - 2.283]	1.932 .197 [1.902 - 1.961]	0.0127*
<b>Interlatencia I-V</b>	4.234 .243 [4.116- 4.351]	4.159 .234 [4.124 - 4.194]	0.1908

Después de ajustarse por edad y excluyendo a los pacientes con enfermedades crónico-degenerativas, la diferencia entre el grupo expuesto y el control permaneció siendo significativa para el oído derecho en las latencias de las ondas I, III y V, y en el oído izquierdo para la onda I. (Tabla 4)

Tabla 4. Análisis bivariado. Latencias de las ondas e intervalos interlatencia de los PEAT por oído, ajustadas por edad (se excluyeron del análisis los pacientes con enfermedades crónico-degenerativas), n=178.

Oído derecho

<b>Latencias</b>	<b>R<sup>2</sup></b>	<b>Expuestos <math>\beta</math> [95% CI]</b>	<b>p</b>	<b>Edad <math>\beta</math> [95% CI]</b>	<b>p</b>
<b>Onda I</b>	9.95	0.040 [-0.003 - 0.083]	0.066	0.004 [0.002 -0.006]	0.001**
<b>Onda III</b>	12.70	0.116 [0.054 - 0.179]	0.000**	0.004 [0.001 -0.007]	0.020*
<b>Onda V</b>	8.44	0.115 [0.02 - 0.21]	0.018*	0.006 [0.001 -0.011]	0.012*
<b>Intervalo I-III</b>	1.16	0.080 [-0.014 - 0.174]	0.095	0.001 [-0.004-0.006]	0.621
<b>Intervalo III-V</b>	-0.03	0.018 [-0.045 - 0.081]	0.578	0.00136 [-0.002 - 0.005]	0.420
<b>Intervalo I-V</b>	2.8	0.089 [0.008 - 0.17]	0.032*	0.00154 [-0.003 - 0.006]	0.475

### Oído izquierdo

Latencias	R <sup>2</sup> Adj.	Expuestos $\beta$ [95% CI]	$p$	Edad $\beta$ [95% CI]	$p$
Onda I	9.8	0.060 [0.016 - 0.105]	0.008*	0.003 [0.001- 0.005]	0.009*
Onda III	9.2	0.091 [0.034 - 0.148]	0.002*	0.003 [-0.000 -0.006]	0.057
Onda V	9.8	0.136 [0.044 - 0.228]	0.004*	0.006 [0.001 -0.011]	0.018
Intervalo I-III	-0.67	0.0278 [-0.037 - 0.092]	0.397	0.0000441 [-0.003-0.003]	0.979
Intervalo III-V	0.20	0.018 [-0.05 - 0.09]	0.598	0.0021 [-0.001 - 0.006]	0.239
Intervalo I-V	1.41	0.046 [-0.033 - 0.1267]	0.252	0.003 [-0.001 - 0.007]	0.193

## 9. DISCUSIÓN

La pérdida de la audición es un problema de salud pública de interés, al ser originada por diferentes factores de riesgo como la exposición a ruido, que se puede dar en entornos laborales, donde además puede coadyuvar la exposición a otros factores de riesgo como la exposición a DO. Los DO se utilizan en diferentes entornos industriales, en forma de productos de limpieza, pegamentos, pinturas, disolventes, entre otros, por lo que con el objetivo de valorar los efectos de dichas exposiciones diversos grupos de trabajo (incluido el nuestro), han evaluado los efectos auditivos de la exposición combinada a ruido y DO. De tal manera que O'neil et al. (2016), midieron potenciales lentos de vértice (PLV) en ratas o potenciales evocados auditivos corticales de rata, para evaluar la actividad cerebral, y encontraron que aquellas expuestas a la combinación de solventes y ruido de fondo a intensidades menores a los límites permitidos en humanos, tenían una reducción significativa de la magnitud de la respuesta y distorsión de la forma de las ondas, con una pendiente trunca en la pendiente de las ondas, y un tiempo anormal de conducción, sugiriendo un déficit en la señal de transmisión, además estos cambios ocurrieron sin pérdida auditiva detectable o daño a las células sensoriales auditivas

a través de la búsqueda de umbrales auditivos por PEATC u otomisiones acústicas por productos de distorsión, respectivamente, también proponen que las distorsiones de la forma de onda por la exposición a ruido son reflejo de la capacidad alterada de respuesta del cerebro, y la exposición a DO por sí misma puede imitar este efecto a un nivel de gravedad moderado, con un efecto negativo sinérgico cuando se combinan DO y ruido, lo que altera las respuestas neuronales del cerebro, por lo que sus hallazgos demuestran que la exposición simultánea a ruido y solventes, incluso en límites considerados seguros podrían condicionar y potenciar alteraciones auditivas. <sup>xxxii</sup>

En humanos, al igual que en el presente estudio, Prasher, et al. (2005) encontraron un tiempo de conducción central anormalmente prolongado (intervalo entre ondas I-V) en trabajadores de mantenimiento de aeronaves expuestos a DO y ruido, proponiendo este resultado parte del efecto de los DO en el sistema nervioso auditivo central. Otras anomalías encontradas para su grupo fueron la presencia de las Ondas I y III en ausencia de la Onda V, y respuestas irreplicables, aunque no encontraron diferencias significativas en las latencias medias de las Ondas entre los diferentes grupos estudiados<sup>xxxiii</sup> Juárez-Pérez, C. et al. (2014), mostraron que los trabajadores expuestos a ruido y solventes tenían mayor latencia en las ondas III y V y latencias entre picos I-III y III-V, sin embargo este aumento dejó de ser significativo al incluir la edad en el análisis estadístico. <sup>xxvi</sup>

El valor del presente estudio radica en el uso de PEATC para valorar los efectos auditivos y la significancia estadística encontrada del aumento de las latencias de las ondas I, III y V en el oído derecho y de la onda I en el oído izquierdo, aún después de ajustar el modelo por edad. Lo que nos habla de alteraciones de la vía auditiva central en trabajadores expuestos a DO y ruido, que no está en relación con la presbiacusia.

Nakhooda, F. et al (2019)<sup>vii</sup>, en su revisión sistémica y metaanálisis, encontraron una hipoacusia mayor y significativa ( $p < 0,001$ ) en el grupo expuesto a la combinación de ruido y solventes, con un riesgo  $OR= 2.754$  de adquirir hipoacusia; respecto a los grupos de exposición a ruido ( $OR= 2.146$ ), solventes ( $OR= 2.15$ ) y

el grupo control, sin embargo dentro de los trece estudios contemplados para dicho análisis sólo Prasher, et al. (2005), incluyeron en la evaluación audiológica los PEATC, además, dentro de las limitaciones que mencionan del metaanálisis de dichos estudios, se encuentran la falta de estudios longitudinales que muestren el efecto ototóxico acumulativo que ocurre a través del tiempo y la falta de criterios de exclusión como la edad u otras variables que podrían influenciar en la audición como el tabaquismo.

Los PEATC se usan en la evaluación objetiva del desempeño de la vía auditiva desde el nervio auditivo en la cóclea hasta la corteza auditiva. Las anomalías de la latencia absoluta, la latencia entre picos, la amplitud, y la morfología de la forma de onda (ruidosa, repetibilidad deficiente, respuestas superficiales o con picos menos agudos) se consideran indicadores de aberración del nervio auditivo, el tallo del encéfalo, el tálamo o la corteza, por lo que una batería de pruebas audiológicas con medidas conductuales, psicoacústicas y electrofisiológicas es necesaria para la identificación de anomalías retrococleares y centrales. Cuando los PEATC se combinan con otras pruebas que evalúan la vía central como potenciales evocados auditivos de latencia media, timpanometría con reflejos estapediales y evaluaciones audiológicas psicoacústicas, la batería de pruebas podría ser lo suficientemente sólida para una evaluación global de las estructuras auditivas centrales.<sup>xxxiv</sup>

## **10. CONCLUSIÓN**

Los PEATC deben formar parte de la batería de pruebas audiológicas para valorar los efectos auditivos de la exposición a ruido y DO, no basta la valoración de la vía auditiva periférica, al estar comprobada la afinidad de los DO por el sistema nervioso central y la afección que produce en los diferentes niveles de la vía auditiva. Por demás, el uso de una batería completa de pruebas audiológicas permite la detección precoz del daño auditivo y la implementación oportuna de medidas de prevención primaria y secundaria.

## 11. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- <sup>i</sup> Organización Mundial de la Salud... Sordera y pérdida de la audición [Internet]. Disponible en: <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/deafness-and-hearing-loss>
- <sup>ii</sup> Instituto Nacional de Estadística y Geografía. La discapacidad en México, datos al 2014. [Internet]. INEGI. 2014;1–368. Disponible en: [http://internet.contenidos.inegi.org.mx/contenidos/productos/prod\\_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/nueva\\_estruc/702825090203.pdf](http://internet.contenidos.inegi.org.mx/contenidos/productos/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/nueva_estruc/702825090203.pdf)
- <sup>iii</sup> Chávez M, Álvarez Y, Celis A, Virgen M, Castro S. Déficit auditivo en pacientes atendidos en otorrinolaringología del IMSS en Guadalajara. [Internet]. *Rev Medica del IMSS*. 2008;46(3):315–22. Disponible en: <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=a9h&AN=35049039&site=ehost-live>
- <sup>iv</sup> García Pedroza F, López Peñaloza Y, Poblano A (Instituto NDCH. Los trastornos auditivos como problema de salud pública en México. [Internet]. *An Otorrinolaringol Mex*. 2002;48(1):20–9. Disponible en: <http://www.medigraphic.com/pdfs/anaotomex/aom-2003/aom031d.pdf>
- <sup>v</sup> Loera-González María de los Ángeles A-MG. Hipoacusia por trauma acústico crónico en trabajadores afiliados al IMSS, 1992-2002 [Internet]. *Revista Médica Instituto Mexicano del Seguro Social*. 2006. p. 497–504. Disponible en: [www.medigraphic.com/pdfs/imss/im-2006/im066b.pdf](http://www.medigraphic.com/pdfs/imss/im-2006/im066b.pdf)
- <sup>vi</sup> Verbeek JH, et al. Interventions to prevent occupational noise-induced hearing loss: a Cochrane systematic review. *Int J Audiol*. 2014 Mar;53 Suppl 2(0 2):S84-96. doi: 10.3109/14992027.2013.857436.
- <sup>vii</sup> Suter AH. Ruido. *Enciclopedia de Salud y Seguridad en el Trabajo-OIT*; 2000. pp. 47.1-47.20.
- <sup>viii</sup> Méndez-Ramírez MR, Gutiérrez-Farfán IS. Detección de la pérdida auditiva inducida por ruido en trabajadores del Centro Nacional de Rehabilitación durante su construcción. *Otorrinolaringología*. 2004;49(1):14-21.
- <sup>ix</sup> EASHW (European Agency for Safety and Health at Work). European risk observatory literature review. Combined exposure to noise and ototoxic substances 2009. [http://osha.europa.eu/en/publications/literature\\_reviews/combined-exposure-to-noise-and-ototoxic-substances](http://osha.europa.eu/en/publications/literature_reviews/combined-exposure-to-noise-and-ototoxic-substances)
- <sup>x</sup> Hernández-Gaytán SI, et al. Prevalencia de la pérdida auditiva y factores correlacionados en una industria cementera. *Salud Publica Mex* 2000;42:106-111.
- <sup>xi</sup> Tirado GC, Jiménez RG, Bahena OL, et al. Grupo de trabajadores expuestos a ruido. Análisis de su patología. *Rev Inst Nal Enf Resp Mex*. 1999;12(4):262-268.
- <sup>xii</sup> Zamorano B, et al. Disminución auditiva de trabajadores expuestos a ruido en una empresa metalmecánica. *Ciencia & Trabajo* 2010;35:233-236.
- <sup>xiii</sup> Evans GW, et al. Chronic noise and psychological stress. *Psychological Science* 1995;6:333-340.
- <sup>xiv</sup> Melamed S, Bruhis S. The effects of chronic industrial noise exposure on urinary cortisol, fatigue and irritability: a controlled field experiment. *J Occup Environ Med*. 1996 Mar;38(3):252-6. doi: 10.1097/00043764-199603000-00009. PMID: 8882096.
- <sup>xv</sup> Tomei F, et al. Hypertension and chronic exposure to noise. *Archives of Environmental Health* 2000; 55:319-326.
- <sup>xvi</sup> Prasher D, et al. NOISECHEM: An European comisión research Project on the effects of exposure to Boise and industrial Chemicals on hearing and balance. *IJOMEH* 2002;15:5-11.
- <sup>xvii</sup> Fuente C, Adrian. Exposición a solventes y disfunción auditiva central: Revisión de la evidencia científica. *Revista de otorrinolaringología y cirugía de cabeza y cuello*. 2010; 70(3), 273-282. <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-48162010000300012>
- <sup>xviii</sup> Rebert, C. S., et al. Combined effects of paired solvents on the rat's auditory system. *Toxicology*, 1995; 105(2-3), 345–354. doi:10.1016/0300-483x(95)03232-5
- <sup>xix</sup> Simonsen, L. and Lund, S.P. Four Weeks Inhalation Exposure to n-Heptane Causes Loss of Auditory Sensitivity in Rats. *Pharmacology & Toxicology*, 1995; 76: 41-46. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0773.1995.tb00100.x>

- 
- <sup>xx</sup> Fuente, A., et al. Peripheral and Central Auditory Dysfunction Induced by Occupational Exposure to Organic Solvents. *Journal of Occupational and Environmental Medicine*. 2009; 51(10), 1202–1211.  
doi:10.1097/jom.0b013e3181bae17c
- <sup>xxi</sup> Fuente, A., et al. Auditory dysfunction associated with solvent exposure. *BMC Public Health*. 2013; 13: 39.  
<https://doi.org/10.1186/1471-2458-13-39>
- <sup>xxii</sup> Bergström, B., & Nyström, B. Development of Hearing Loss During Long-Term Exposure to Occupational Noise A 20-year Follow-up Study. *Scandinavian Audiology*, 1986; 15(4), 227–234.  
doi:10.3109/01050398609042148
- <sup>xxiii</sup> Morata TC, et al. Effects of occupational exposure to organic solvents and noise on hearing. *Scand J Work Environ Health*. 1993 Aug;19(4):245-54. doi: 10.5271/sjweh.1477. PMID: 8235513.
- <sup>xxiv</sup> Sliwinska-Kowalska, et al. Hearing loss among workers exposed to moderate concentrations of solvents. *Scand J Work Environ Health* 2001;27:335-342.
- <sup>xxv</sup> Sliwinska-Kowalska, M., et al. Effects of Coexposure to Noise and Mixture of Organic Solvents on Hearing in Dockyard Workers. *Journal of Occupational and Environmental Medicine*, 2004; 46(1), 30–38.  
doi:10.1097/01.jom.0000105912.292
- <sup>xxvi</sup> Chang, S. J., et al. Hearing loss in workers exposed to toluene and noise. *Environmental health perspectives*, 2005; 114(8), 1283–1286. <https://doi.org/10.1289/ehp.8959>
- <sup>xxvii</sup> Yang HY, et al. Hearing loss in workers exposed to epoxy adhesives and noise: a cross-sectional study. *BMJ Open*. 2016 Feb 18;6(2):e010533. doi: 10.1136/bmjopen-2015-010533.
- <sup>xxviii</sup> Juárez-Pérez, C., et al. Ototoxicity effects of low exposure to solvent mixture among paint manufacturing workers. *International journal of audiology*. 2014; 53. <https://doi.org/10.3109/14992027.2014.888597>.
- <sup>xxix</sup> Aguilar-Madrid, et al. Latencias de los potenciales evocados auditivos de tallo cerebral, por edad y sexo, en población adulta mexicana. *Rev Med Inst Mex Seguro Soc*. 2016;54(2):203-10
- <sup>xxx</sup> Nakhooda, F., et al. The effects of combined exposure of solvents and noise on auditory function – A systematic review and meta-analysis. *South African Journal of Communication Disorders*, 2019; 66(1), a568.  
<https://doi.org/10.4102/sajcd.v66i1.568>
- <sup>xxxi</sup> Real Academia Española: Diccionario de la lengua española, 23.ª ed., [versión 23.3 en línea].  
<<https://dle.rae.es>> [14/11/2019]
- <sup>xxxii</sup> O'neil W. et al. Background Noise Contributes to Organic Solvent Induced Brain Dysfunction. *Hindawi Publishing Corporation Neural Plasticity*. 2016, Article ID 8742725: 11  
<http://dx.doi.org/10.1155/2016/8742725>
- <sup>xxxiii</sup> Prasher Deepak, Al-Hajjaj Haifa, Aylott Susan, Aksentijevic Aleksander. Effect of exposure to a mixture of solvents and noise on hearing and balance in aircraft maintenance workers. 2005; 7 ( 29): 31-39.
- <sup>xxxiv</sup> Gopal, K. (Audiological findings in individuals exposed to organic solvents: Case studies. *Noise Health*, 2008; 10(40), 74–82. <https://doi.org/10.4103/1463-1741.44345>

---

## 12. ANEXOS

### ***Cuestionario de recolección de datos***

Título: EFECTOS AUDITIVOS POR POTENCIALES EVOCADOS AUDITIVOS DE TALLO CEREBRAL EN TRABAJADORES EXPUESTOS EN FORMA COMBINADA A RUIDO Y DISOLVENTES ORGÁNICOS

FICHA DE IDENTIFICACIÓN (A llenar por el personal)

-No.folio

-No. de afiliación (IMSS):

-Nombre completo:

Instrucciones: El siguiente cuestionario pretende recolectar información para conocer sus antecedentes personales de importancia que pudieran haber repercutido en su salud auditiva. Por favor lea atentamente y responda cada sección según las instrucciones de cada una. Muchas gracias.

1. Número telefónico de contacto: \_\_\_\_\_

2. Sexo: 0) Femenino 1) Masculino

3. ¿Qué edad tiene usted? \_\_\_\_\_ años cumplidos

4. Categoría laboral \_\_\_\_\_

5. ¿Qué actividad laboral desempeña actualmente? \_\_\_\_\_

Marque con un círculo o una "X" sobre los incisos que correspondan:

6. En el puesto de trabajo, usted se expone o se ha expuesto frecuentemente a altos nivel de:

a. Ruido

b. Vibración

c. Radiaciones

d. Gases o vapores

e. Líquidos (solventes o ácidos)

7. ¿Usted fuma?

a. No, nunca he fumado

b. Sí en forma ocasional

c. Frecuentemente

8. ¿Usted consume alcohol?

a. No, nunca bebo

b. Sí, en forma ocasional

c. Sí, con frecuencia al menos una vez por mes

8. Le han diagnosticado un médico alguna de las siguientes enfermedades:

a. Presión arterial alta

b. Diabetes

---

-De uso exclusivo para rellenar por el equipo de trabajo:

1. EXPLORACIÓN OTOLÓGICA

Oído derecho Oído izquierdo

Conducto auditivo permeable SÍ NO SÍ NO

Membrana timpánica íntegra SÍ NO SÍ NO

2. TIMPANOMETRÍA

Oído derecho Oído izquierdo

Volumen (ml)

Complianza

(ml)

Presión

(daPa)

3. POTENCIALES EVOCADOS AUDITIVOS DE TALLO CEREBRAL

Oído derecho (ms) Oído izquierdo(ms)

Latencia onda I

Latencia onda III

Latencia onda V

Interlatencia I-III

Interlatencia III-V

Interlatencia I-V



**INSTITUTO MEXICANO DEL SEGURO SOCIAL**  
**UNIDAD DE EDUCACIÓN, INVESTIGACIÓN**  
**Y POLITICAS DE SALUD**  
**COORDINACIÓN DE INVESTIGACIÓN EN SALUD**

**Carta de consentimiento informado para participación en protocolos de investigación (adultos)**

*Nombre del estudio:*

**Efectos auditivos por potenciales evocados auditivos de tallo cerebral trabajadores expuestos en forma combinada a ruido y disolventes orgánicos**

*Lugar y fecha:*

*Número de registro institucional:*

R-2014-785-035

*Justificación y objetivo del estudio:*

La disminución de la audición o daño auditivo es una enfermedad que afecta a las personas de todo el mundo, aproximadamente 466 millones niños y adultos la padecen a nivel mundial y les produce problemas emocionales y funcionales, además de consecuencias económicas para los países y los sistemas de salud, las causas pueden ser múltiples: por la edad, por exposición a ruido, por el uso de ciertos medicamentos o por la exposición a químicos como los disolventes orgánicos, por lo que el objetivo general de este estudio es identificar la relación entre los efectos auditivos por potenciales evocados auditivos de tallo cerebral, con la exposición única y/o combinada al ruido y mezcla de disolventes orgánicos

*Procedimientos:*

Para lograr nuestros objetivos será necesario realizar una valoración integral de su estado de salud y de su audición, para ello de manera inicial le realizaremos unas preguntas sobre el antecedente de enfermedades o actividades que hayan podido afectar su audición, después se realizará una exploración de cada uno de sus oídos (derecho e izquierdo) con un timpanómetro, para valorar la función del oído medio y la movilidad de su tímpano y se realiza colocando un instrumento (similar a un audífono) dentro de una parte del largo de su canal auditivo, luego se le realizarán un estudio llamado potenciales evocados auditivos de tallo cerebral, para esta prueba se realizara una limpieza en la piel de su frente y atrás de sus oídos, con un gel abrasivo para preparar su piel para la colocación de unos electrodos que recogerán información de la actividad eléctrica producida en la vía que lleva la información auditiva a su cerebro, para esto también se colocarán unos audífonos que van sobre sus orejas, a través de esta diadema se le pasaran sonidos (primero en un oído y luego en el otro) de diferentes volúmenes y tonos, de esta manera se obtendrá un registro para ver cómo funciona su vía auditiva, usted solo debe permanecer en silencio, tranquilo, relajado y sin moverse, escuchando los diferentes sonidos mientras dura la prueba, o bien puede dormirse si así lo desea. Las pruebas antes mencionadas tienen un tiempo aproximado de duración de 25 a 35 minutos en total, aunque este tiempo podría ser un poco menor o mayor. Para poder conocer si usted tiene el antecedente de azúcar en sangre o presión alta, así como información sobre su consumo de alcohol, tabaco y antecedentes laborales se le solicitará llenar un pequeño cuestionario. Los datos que colectaremos se usarán de manera exclusiva para el análisis de esta investigación.

*Posibles riesgos y molestias:*

Algunas personas sienten cierta molestia al colocar los audífonos sobre las orejas o al introducir y/o ajustar los audífonos que se colocan dentro de los canales auditivos, esta pequeña molestia es pasajera y mínima, sin embargo, si a usted le parece demasiado incómoda o dolorosa, cualquiera de las pruebas se puede interrumpir durante su transcurso si usted lo desea. Usted tiene el derecho a no participar o abandonar el estudio en cualquier momento que usted lo desee, también puede observar las áreas y equipos usados para realizar las pruebas y decidir si se siente cómodo de permanecer el tiempo necesario para concluir las pruebas.

*Posibles beneficios que recibirá al participar en el estudio:*

Usted no recibirá ninguna remuneración económica, pero tendrá el beneficio de conocer cómo se encuentra en general su salud auditiva y se le brindará información de cómo evitar o disminuir los factores de riesgo que pudieran reducirla o empeorarla.

Su participación en esta investigación también contribuye a seguir generando conocimiento y avances científicos a favor de los individuos y la población.

Información sobre resultados y alternativas de tratamiento:

Los resultados de las pruebas de audición se le entregaran impresas de manera personal y exclusiva a usted al concluir las. Si usted presentará una alteración en los resultados, se referirá de manera correspondiente al especialista para su atención y/o seguimiento si fuera necesario. Al concluir el presente estudio de investigación si usted lo desea, puede conocer el análisis de los resultados generales y la conclusión de la investigación.

Participación o retiro:

Su participación es totalmente voluntaria y puede retirarse en cualquier etapa del estudio, sin que esto tenga ningún tipo de implicación laboral o sobre su relación actual con el IMSS.

Privacidad y confidencialidad:

Toda la información y resultados obtenidos se mantendrán bajo estricto anonimato. Y sólo los investigadores tendrán conocimiento y acceso a los datos, los cuales se analizarán de manera conjunta y para uso exclusivo de esta investigación. El registro de estos datos en una base general para su análisis no contendrá ningún identificador personal.

**Declaración de consentimiento:**

Después de haber leído todo lo anterior y habiéndome explicado todas mis dudas acerca de este estudio:

No acepto participar en el estudio.

Sí acepto participar en este estudio, en los procedimientos descritos y permitiendo el acceso a la información de mis datos contenidos en las secciones referidas.

**En caso de dudas o aclaraciones relacionadas con el estudio podrá dirigirse a:**

Investigadora o Investigador Responsable:

M en C Cuauhtémoc Arturo Juárez Pérez, Investigador Asociado C y SNI-I de la unidad de Investigación de Salud en el Trabajo, CMNSXXI, correo electrónico de contacto: carturojp@gmail.com

Colaboradores:

Dra. Odemaris Estefanía Contreras Tapia, Residente del servicio de Audiología, Otoneurología y Foniatría, de la UMAE-Hospital de Especialidades CMNSXXI, correo electrónico de contacto: dra.estefania.tapia@gmail.com

En caso de dudas o aclaraciones sobre sus derechos como participante podrá dirigirse a: Comité Local de Ética de Investigación en Salud del CNIC del IMSS: Avenida Cuauhtémoc 330 4° piso Bloque "B" de la Unidad de Congresos, Colonia Doctores. México, D.F., CP 06720. Teléfono (55) 56 27 69 00 extensión 21230, correo electrónico: [comité.eticainv@imss.gob.mx](mailto:comité.eticainv@imss.gob.mx)

Nombre y firma del participante

Nombre y firma de quien obtiene el consentimiento

Testigo 1

Testigo 2

Nombre, dirección, relación y firma

Nombre, dirección, relación y firma