

## **Hipoacusia neurosensorial por ruido industrial y solventes orgánicos en la Gerencia Complejo Barrancabermeja, 1977-1997**

*Sensorineural hypoacusis due to industrial noise and organic solvents in the Industrial Complex in Barrancabermeja, 1977-1997*

### **Investigadores de la Universidad de Antioquia:**

#### ***Juan Luis Londoño F.***

Ingeniero Administrativo, MSc P.H.  
Profesor de la Facultad Nacional de Salud Pública,  
Universidad de Antioquia, Medellín

#### ***Hernando Restrepo O.***

Médico MSP-Salud Ocupacional  
Profesor de la Facultad Nacional de Salud Pública,  
Universidad de Antioquia, Medellín

### **Investigadores de Ecopetrol:**

#### ***Angela María Corrales V.***

Ingeniera Industrial, Gerencia Complejo Barrancabermeja de Ecopetrol  
Barrancabermeja, Colombia

#### ***Francisco Mendoza R.***

Médico Industrial, Gerencia Complejo Barrancabermeja, de Ecopetrol  
Barrancabermeja, Colombia

#### ***Julio Ortíz C.***

Médico Industrial, Gerencia Complejo Barrancabermeja de Ecopetrol  
Barrancabermeja, Colombia

## **Resumen**

Se realizó un estudio analítico retrospectivo con base en un muestra de 745 trabajadores de la refinería de Ecopetrol, en Barrancabermeja, para estimar la prevalencia y la incidencia de la hipoacusia neurosensorial y determinar las diferencias en tales indicadores en cuatro grupos de trabajadores expuestos a ruido, a solventes aromáticos, a ruido y a solventes, y no expuestos. Para determinar la hipoacusia se utilizaron los índices

de pérdida promedio de la audición del lenguaje (SAL, por sus iniciales en inglés) e índice de pérdida temprana de la audición (ELI, por sus iniciales en inglés), que se obtuvieron a partir de las audiometrías practicadas periódicamente a la población de trabajadores, y se aplicaron los criterios internacionales. La prevalencia puntual de la hipoacusia estimada en los cuatro grupos estudiados varió entre el 8 y el 13,5% con diferencias que no fueron estadísticamente significativas. La pérdida de la capacidad de audición social, según el índice SAL, fue despreciable, y la incidencia global, de acuerdo con el índice ELI, fue del 9,5%; no se observaron diferencias estadísticamente significativas en la incidencia entre los grupos de exposición comparados. Aunque el deterioro de la capacidad auditiva de aquellos trabajadores expuestos por 10 o más años fue significativamente mayor que el de los trabajadores expuestos durante un menor tiempo, casi siempre tal deterioro fue leve. En un análisis multivariado, sólo el tiempo de exposición por 20 y más años presentó una asociación significativa con la incidencia de la hipoacusia. Finalmente, la baja morbilidad observada se atribuye parcialmente a los niveles bajos de exposición en los solventes -ya detectados en otros estudios- y, en el caso del ruido, a los programas de prevención vigentes en la empresa.

## **Palabras clave**

Hipoacusia, ruido, solventes aromáticos, industria petroquímica

## **Abstract**

A retrospective analytical study was done with a sample of 745 workers of the Ecopetrol refinery in Barrancabermeja to estimate the incidence and the prevalence of hearing loss and to compare such measures among groups of workers exposed to noise, to aromatic solvents, to noise and aromatic solvents, and non exposed. To determine the incidence, the SAL (Speech Average Loss) and ELI (Early Loss Index) scalescales were obtained making use of the periodic audiometric examinations performed in the plant, and international standards were applied. The estimated prevalence was between 8% and 13.5%, and the difference was not statistically significant. The social loss of hearing, according to the SAL scale, was minimal, and the global incidence, measured by the ELI scale, was of 9.5%. Significant differences in incidence were not observed among the exposure groups. Although hearing loss was significantly more common among those who had been exposed for 10 years or longer, most of the losses were light. In a multivariate analysis, only the exposure for 20 or more years showed a statistical significant relationship with hearing loss incidence. Finally, it was pointed out that the low exposure levels to aromatic solvents -showed in previous studies- and the preventive measures routinely adopted in the plant were partially responsible for the low morbidity observed.

## **Key words**

Hearing loss, noise, aromatic solvents, petrochemical industry

## **Introducción**

La investigación que aquí se presenta fue realizada conjuntamente por la Facultad Nacional de Salud Pública, de la Universidad de Antioquia, y la Gerencia Complejo Barrancabermeja-Medicina Industrial (GCB), Salud Ocupacional y Ambiente de la División de Salud del Magdalena Medio, como una evidencia de que es necesario y posible aunar recursos, experiencias y saberes para impulsar la investigación en materia de salud de los trabajadores.

Existe una creciente necesidad de conocer los efectos en la salud auditiva que pueden estar ocasionando la exposición al ruido y a los solventes orgánicos benceno, tolueno y xileno (BTX) en la población de trabajadores y directivos que participa en la refinación y elaboración de productos petroquímicos.

Siguiendo una directriz del Sistema Universitario de Investigaciones, de la Universidad de Antioquia, que plantea que toda investigación en la que participen profesores de la Universidad debe vincular a estudiantes de pregrado y de posgrado, se logró la conformación de un equipo de investigadores constituido por funcionarios de Ecopetrol –estudiantes del programa de especialización en salud ocupacional en la ciudad de Barrancabermeja– y docentes de la Facultad Nacional de Salud Pública, de la Universidad de Antioquia, con el ánimo de estudiar posibles efectos a la salud ocasionados por la exposición a ruido y solventes orgánicos.

### **1. Presentación del problema**

La hipoacusia neurosensorial es una de las enfermedades ocupacionales más frecuentes en todo el mundo, que produce gran deterioro de la calidad de vida en la población trabajadora y cuantiosas pérdidas económicas a las empresas. Desde hace varios siglos se ha identificado el ruido como el agente responsable de la hipoacusia ocupacional, sin embargo, investigaciones recientes apuntan a demostrar el efecto combinado de la exposición conjunta a ruido y a sustancias ototóxicas, tales como el tolueno.

En el presente estudio no sólo interesa conocer la prevalencia y la incidencia de la hipoacusia neurosensorial en los trabajadores, sino también explorar los posibles efectos sobre la audición de la exposición a dichos solventes y el efecto combinado de éstos con el ruido.

A finales del siglo XIX, con el advenimiento de la máquina de vapor y la iniciación de la era industrial, aparece el ruido como un importante problema de salud pública. Desde ese momento empieza a documentarse la sordera de los trabajadores expuestos, tales como los forjadores y los soldadores. Fosbroke, en 1831, mencionó la sordera de los herreros y Wittmarck hizo lo propio en 1907, al mostrar el efecto histológico del ruido en el oído; en 1927, McKelvie y Legge informan acerca de la sordera de los algodóneros; en 1939, Larsen

describe la sordera de los trabajadores en astilleros y, en 1946, Krisstensen se refiere a la sordera de los aviadores y de los tripulantes de submarinos.

La carrera tecnológica ha continuado con el desarrollo de las cadenas de montaje en las grandes empresas siderúrgicas y metalúrgicas y el de calderas y equipos que tienen como finalidad la producción de hidrocarburos en las refinerías de petróleo. Además, surgen los solventes industriales que se caracterizan por su capacidad para disolver el plástico, el caucho, el aceite, las resinas y las grasas. Tales productos, a temperatura ambiente, son líquidos y volátiles, y su absorción por parte de las personas expuestas a ellos usualmente se hace a través de los pulmones y de la piel.<sup>1</sup> El sistema nervioso central –y especialmente el sistema nervioso periférico– son particularmente vulnerables, debido a la alta rata de perfusión sanguínea y a la naturaleza crítica del sistema nervioso, el cual presenta una incapacidad para la regeneración.<sup>2,3</sup>

Síntomas como neurastenia, cambios de personalidad y reducción de la capacidad intelectual fueron considerados recientemente como parte del síndrome psico-orgánico (POS), que comprende, además, síntomas como inseguridad, mareos y vértigos. Estudios experimentales de laboratorio han demostrado que el tolueno induce alteraciones del sistema vestibular en ratas (Nylen, 1991; Robert, 1991). Pryor, en 1984, demostró que la exposición crónica a tolueno induce daño coclear en animales. Estos informes han sido confirmados por otros investigadores (Rosenhamer, 1980; Juntunen, 1985; Hanninen, 1987).

Estudios clínicos sobre los efectos del tolueno sugieren que la otoneurotoxicidad reflejada como anormal en los potenciales evocados auditivos en el tallo cerebral puede ocurrir después de inhalación prolongada (Biscaldi, 1981; Metrick y Brenner, 1982). Chang, en 1990 y en 1991, informó acerca de la modificación de los potenciales auditivos evocados en el tallo cerebral en 11 pacientes afectados por polineuropatía inducida por exposición a n-hexano.

En el estudio de Odkvist, Arlinger y Edling,<sup>4</sup> realizado en 1987 en el Departamento de Otorrinolaringología de la Universidad Hospital Linkoping de Suecia, se evaluaron tres grupos de sujetos con exposición de entre 5 y 41 años a hidrocarburos alifáticos y aromáticos, y a quienes se les practicaron pruebas de potenciales evocados que fueron anormales. Se especula que las posibles lesiones del aparato auditivo están ocasionadas por desmielinización o edema por lesión sensitiva cortical.

En 1986, el Departamento de Otorrinolaringología del hospital Karistad, de Suecia, realizó un estudio con 319 personas expuestas durante 20 años a ruido, entre 95 y 100 dB (A), en trabajadores de una planta procesadora de pulpa de papel, y entre 80 y 90 dB(A) en los trabajadores de la división de química de dicha planta. Al principio de la observación, 149 trabajadores eran normales y 170 presentaban alguna alteración; después de 20 años de exposición, muchos trabajadores presentaban pérdida bilateral en la audición en la frecuencia de 4.000 Hz, pérdida que fue mayor en los sujetos que inicialmente entraron con alteración que en aquellos que fueron clasificados como normales. El mismo estudio

recomendó la audiometría cada 3 años para el seguimiento de los trabajadores expuestos a ruido industrial, así como la implementación de programas de conservación auditiva individual y medidas para reducir el ruido en la fuente. Aún sin aclarar quedó la duda acerca del posible papel de los solventes en la lesión auditiva.

La pérdida auditiva inducida por ruido es una pérdida neurosensorial irreversible causada por exposición prolongada de varios años (Clark, 1992; Instituto Nacional de Salud, 1990). Dicha pérdida, aunque usualmente no produce dolor (NIH, 1990), causa interferencia con la comunicación y puede afectar sustancialmente la integración social y la calidad de vida de las personas (Hetu, 1987; Orgler, 1987).

La pérdida auditiva inducida por ruido resulta de la destrucción progresiva y sutil de células en el órgano de Corti, que se encuentra en la cóclea (Dunn, 1987). Dicha pérdida se manifiesta inicialmente en las frecuencias que se encuentran por encima de aquéllas que son propias para la discriminación del lenguaje.<sup>5,6</sup>

Entre los síntomas de la pérdida auditiva inducida por ruido figuran la dificultad para la conversación en lugares ruidosos, los tinitus ocasionales, la sensación de orejas tapadas o la percepción de otros sonidos camuflados, especialmente después de una exposición a ruido.

El área y la magnitud del daño estructural en la cóclea resultan de las características de la exposición, y dependen de factores tales como la intensidad y la frecuencia del ruido, así como de la duración de la exposición; generalmente, exposiciones a ruido muy intenso y de duración muy prolongada causan daños más severos (NIH, 1990; Orgler, 1987). Otros factores que afectan el grado de daño del oído son el patrón de ruido –intermitente o continuo– y la susceptibilidad de la persona Bahadori, 1993; NIH, 1990; Organización Mundial de la Salud, 1986).

En una investigación sobre la pérdida auditiva inducida por ruido, realizada en trabajadores del aeropuerto de Corea, se encontró una pérdida significativa de las frecuencias altas; no obstante, el grado de pérdida auditiva no era tan severo como el que se ha informado en otros grupos ocupacionales, y no todos los trabajadores expuestos a más de 85 dB(A) mostraban pérdida auditiva. El estudio demostró que el uso continuo de protectores auditivos reduce significativamente la pérdida auditiva en los trabajadores expuestos a ruido.<sup>7</sup>

En Colombia, con el fin de facilitar el manejo de la información epidemiológica, el Ministerio de Trabajo y Seguridad Social y el Instituto del Seguro Social (ISS) adoptaron la clasificación de la audiometría según la escala ELI (sigla en inglés de Early Loss Index) – que equivale a la pérdida en dB del umbral auditivo detectado en la frecuencia de 4.000 Hz menos el factor de presbiacusia, o sea la pérdida considerada como normal según la edad y el sexo– y SAL (sigla en inglés de Speech Average Loss), que evalúa la capacidad de audición para el lenguaje oral.

En la investigación de umbrales auditivos en la frecuencia de 4.000 Hz de la población colombiana no expuesta a ruido industrial, realizada conjuntamente por la Universidad de Antioquia y el ISS,<sup>8</sup> se tomó como población de referencia a todos los trabajadores afiliados al ISS no expuestos a ruido industrial. Dicho estudio permitió confirmar que la pérdida auditiva de la población colombiana por el envejecimiento es similar a la contemplada por Hermann (1973),<sup>9</sup> hallazgo que nos permite utilizar la corrección por él propuesta.

Como antecedentes de la posible asociación entre la exposición a solventes aromáticos y la pérdida de la capacidad auditiva figura un estudio realizado en 1993.<sup>10</sup> Dicha investigación fue llevada a cabo en una empresa de impresión, en la cual se seleccionaron 50 personas expuestas a ruido entre 88 y 99 dB, 51 trabajadores expuestos simultáneamente a ruido y a solventes aromáticos (tolueno), 39 trabajadores expuestos a solventes aromáticos mixtos, y un grupo de 50 trabajadores no expuestos a ninguno de los anteriores factores de riesgo. El estudio mostró que la pérdida de la capacidad auditiva en los expuestos a ruido fue cuatro veces la observada en los no expuestos; que el riesgo relativo de los expuestos a ruido y a solventes fue de 11, y que el de los expuestos a solventes mixtos fue de 5.

En la Gerencia Complejo Industrial de Barrancabermeja se tienen como antecedentes dos estudios descriptivos. En 1980 se realizó un estudio con la población de 3.640 trabajadores activos y se encontró que 772 presentaban trauma acústico, lo que corresponde a una prevalencia de 21,2%.<sup>11</sup> Un segundo estudio realizado en 1990 en 3.233 trabajadores de la refinería reveló que 1.124 trabajadores presentaban trauma acústico, lo que corresponde a una prevalencia del 34,7%.<sup>12</sup> No obstante, en ambos estudios se tuvo como criterio para la definición del caso de hipoacusia la pérdida de 25 o más dB en cualquier frecuencia sin considerar el factor de corrección por edad y sexo.

## **2. Justificación**

En la actualidad existe un interés creciente, tanto en los niveles administrativos de la empresa como en sus trabajadores, por aclarar el problema relacionado con la pérdida de la capacidad auditiva. El problema planteado se evidencia claramente en el creciente número de indemnizaciones, cuya cifra se aproxima a 500 millones de pesos anualmente durante los últimos cinco años, y en las peticiones del comité paritario y del comité local de salud ocupacional. Desde 1968 se iniciaron las audiometrías como exámenes de preempleo y, desde 1972, como parte de la evaluación periódica de salud; se estableció, además, el suministro de protectores auditivos anatómicos a los trabajadores expuestos a ruido por encima del límite permisible de 85 dB(A).

Desde 1990 se constituyó un equipo interdisciplinario de vigilancia epidemiológica para trabajadores expuestos a ruido industrial, denominado VETERI, el cual se encarga de integrar los esfuerzos que realiza el área de medicina industrial, por medio de los exámenes de control periódico audiométrico con el monitoreo ambiental que realiza el área de Salud

Ocupacional y Ambiente. A pesar de que existe una gran cantidad de información ambiental y médica, no existe un manejo epidemiológico de los datos que permita establecer con claridad la magnitud del problema ni el plantamiento de medidas de intervención adecuadas.

En 1997 se firmó un convenio entre la Universidad de Antioquia, la Facultad Nacional de Salud Pública y la Gerencia Complejo Barrancabermeja para realizar el diseño de un protocolo de vigilancia epidemiológica de la hipoacusia neurosensorial y una investigación epidemiológica que procurara resolver las inquietudes de trabajadores y administradores para conocer el perfil de salud auditiva de cuatro grupos de trabajadores: expuestos a ruido industrial, expuestos a solventes industriales, expuestos a ruido y a solventes y no expuestos a tales factores.

Se hace imperativo, mediante una clara definición de criterios apropiados, estimar la incidencia y la prevalencia de hipoacusia y establecer las diferencias que puedan presentar tales medidas entre los grupos de exposición anteriormente mencionados.

### **3. Objetivo General**

La presente investigación pretende estimar la prevalencia y la incidencia de hipoacusia neurosensorial en tres grupos de trabajadores expuestos a ruido industrial y a solventes aromáticos y en los no expuestos, y estimar la asociación que presenta dicha exposición con la enfermedad, con el fin de formular recomendaciones que faciliten la aplicación de la vigilancia epidemiológica ocupacional en la GCB.

### **4. Metodología**

#### **Tipo de estudio**

Se trata de un estudio de cohorte retrospectivo con base en información consignada en registros de la empresa.

#### **Población y muestra**

Para la presente investigación se definió como población de referencia la de trabajadores vinculados a la CGB, con un contrato a término indefinido desde el 1° de enero de 1977 hasta el 31 de diciembre de 1997. En este último año, la población total en la GCB era de 2.775 trabajadores, con una edad promedio de 40 años (desviación estándar: 8 años).

El tamaño muestral inicialmente calculado se determinó atendiendo al objetivo relacionado con la estimación de la prevalencia de punto de la hipoacusia neurosensorial. Con base en los resultados obtenidos en el estudio anterior más reciente,<sup>12</sup> se calculó el tamaño muestral suficiente para estimar con un 90% de confianza una prevalencia del 30%, con un error máximo tolerable del 4%; el tamaño así calculado fue de 246 trabajadores.

Aunque fue posible satisfacer dicha exigencia para los grupos de expuestos a ruido y no expuestos, en los grupos de expuestos a solventes y con exposición mixta –a ruido y a solventes– el tamaño muestral fue el del número de trabajadores que se encontró en el registro con tales exposiciones específicas. Vale la pena anotar que no se incluyeron en el estudio trabajadores de la dependencia de mantenimiento, pues los investigadores de la empresa consideraron que su exposición a los factores de interés en el presente trabajo era inespecífica, a diferencia de aquella de los trabajadores que se incluyeron en el estudio.

De este modo el tamaño de la muestra fue de 745 trabajadores, seleccionados de los diferentes grupos de acuerdo con la exposición predominante y estable a la cual estuvieran sometidos según las actividades por ellos realizadas. La composición final de la muestra por grupo de exposición fue la siguiente:

- Trabajadores no expuestos: de un total de 497 trabajadores de los departamentos de servicios administrativos, contratación, contabilidad, personal y materiales, se tomó una muestra de 302 trabajadores no expuestos a ruido ni a solventes.
- Trabajadores expuestos a ruido: se tomó una muestra aleatoria de 287 trabajadores vinculados a la gerencia de servicios industriales, a la dependencia de destilación de crudos y a los departamentos de cracking y de vapor y energía, dependencias que, según los mapas de ruido elaborados por la firma Stompsen en 1993, superan los 85 dB.
- Trabajadores expuestos únicamente a solventes: se incluyeron en el estudio todos los 52 trabajadores del laboratorio analítico, quienes se encuentran expuestos a niveles de ruido por debajo del límite permisible de 85 dB.
- Trabajadores expuestos a ruido y a solventes: se tomó una muestra aleatoria de 104 operadores de planta, de la dependencia de parafinas y aromáticos, expuestos a solventes aromáticos y con niveles de exposición a ruido por encima de 85 dB.

Es importante señalar, además, que la población trabajadora de la empresa es muy estable –el indicador de rotación de personal es cercano a 0 y la mediana de antigüedad es de 15 años–, y que la hipoacusia neurosensorial es irreversible y no letal, consideraciones que se deben tener presente en la interpretación de los resultados.

## **Exclusiones**

Con el fin de evitar errores de clasificación, se excluyeron los trabajadores que presentaban alguna de las siguientes características: patología auditiva previa a su vinculación, exposición a ruido anterior a su vinculación a la empresa y vinculación posterior a alguna de las dependencias; –trabajadores considerados como de no exposición–; trabajadores que no habían tenido control audiométrico en los últimos 4 años; y



trabajadores de mantenimiento –cuya exposición es inespecífica para las categorías de exposición de interés en el estudio–.

## **Fuentes de la información**

Los investigadores vinculados a la empresa revisaron las historias clínicas de cada uno de los 745 trabajadores seleccionados, en las cuales se encontraban registrados los niveles audiométricos que ellos presentaban desde el inicio de su vinculación hasta su último audiograma de control periódico. Es importante notar que, de acuerdo con la política de la compañía, los trabajadores que son considerados como expuestos, de acuerdo con sus labores rutinarias, deben tener una audiometría anual, en tanto que aquéllos considerados como no expuestos deben tenerla cada cinco años.

Los investigadores de Ecopetrol revisaron cada una de las historias clínicas de los trabajadores seleccionados, comparando los niveles audiométricos desde el inicio de su vinculación a la empresa hasta su último audiograma de control periódico.

Tanto los marcos muestrales completos como la información relacionada con la fecha de vinculación del trabajador y con la actividad que lo identificaba en uno de los cuatro grupos de exposición considerados, se obtuvieron del Sistema de Información de Personal (SIP) de la empresa.

Los umbrales auditivos registrados en las historias clínicas corresponden a audiometrías realizadas por fonoaudiólogas de la empresa, con equipos Maico MA22 de dos canales, hasta 1990; a partir de ese año y hasta 1992, se utilizaron dos equipos BELTONE 2000 de dos canales para audiometría tonal pura con frecuencias desde 125 hasta 8.000 Hz. Uno de estos equipos se sustituyó en 1992 por mal funcionamiento y se reemplazó por un equipo MAICO MA22. Desde 1995, se usa solamente un equipo Beltone 2000. La cabina utilizada para las audiometrías –marca IAC (Industrial Acoustic Company), de New York– es presurizada, de doble pared y con aire acondicionado.

## **Criterios y definiciones**

Existen diferentes métodos para la clasificación de las audiometrías. La gran mayoría se basa en promedios de frecuencias en vías aéreas; unos tienen en cuenta el mejor oído y otros se basan en el promedio de ambos oídos; unos prefieren las frecuencias conversacionales mientras que otros prefieren la incorporación de las frecuencias agudas.

Para la clasificación de los trabajadores observados se definió como caso aquél que presentara una pérdida superior a 22 dB en la vía aérea en la frecuencia de 4.000 Hz, una vez descontado el factor correspondiente a la edad y al sexo. Dicho criterio se tomó con base en el estudio de umbrales poblacionales audiométricos de Colombia, donde se encontró que para la vía ósea el valor de referencia es 20 dB.<sup>8</sup> La escala audiométrica para la clasificación por vía aérea es como máximo 5 dB por debajo del de la vía ósea. Por otra

parte, el código OSHA, según revisión de Junio de 1997, reitera el valor de 25 dB para la población laboral no expuesta (normas ISO 1999-1990 e ISO 8253-2-1992).

Para la evaluación de la capacidad auditiva de los participantes en el estudio se utilizaron las escalas conocidas como SAL y ELI, tal como se describen a continuación.

**Clasificación SAL** (Speech Average Loss o pérdida promedio de la audición del lenguaje): se obtiene hallando el promedio de los valores observados en el umbral auditivo en las frecuencias de 500, 1.000 y 2.000 Hz. El criterio de clasificación se aprecia en la tabla 1.

**Tabla 1.** Clasificación SAL

<i>SAL</i>	<i>Pérdida de la capacidad auditiva</i>	<i>Clasificación diagnóstica</i>
A	Menos de 16 dB	Normal
B	De 16 a 30 dB	Casi normal
C	De 31 a 45 dB	Sordera moderada
D	De 46 a 60 dB	Sordera notable
E	De 61 a 90 dB	Sordera severa
F	Mayor de 90 dB	Sordera profunda
G	Ninguna percepción	Sordera total

**Clasificación ELI** (*Early Loss Index* o Índice de pérdida temprana de la audición): este índice se obtiene restándole al umbral audiométrico observado en la frecuencia de 4.000 Hz el respectivo factor de corrección por la edad (presbiacusia) y el sexo. Los resultados obtenidos se clasifican en una categoría que varía de la A hasta la E, de acuerdo con el criterio que figura en la tabla 2.

**Tabla 2.** Clasificación ELI

<i>ELI</i>	<i>Pérdida de la capacidad auditiva</i>	<i>Clasificación diagnóstica</i>
A	Menos de 8 dB	Excelente
B	De 8 a 14 dB	Bueno
C	De 15 a 22 dB	Normal
D	De 23 a 29 dB	Sospechoso de DAIR
E	30 o más dB	Muy sospechoso de DAIR

\* Daño acústico inducido por ruido

### **Recolección de la información y calidad de los datos**

Los tres investigadores vinculados a la empresa –dos médicos y una ingeniera, especialistas en salud ocupacional– revisaron los audiogramas de la historia clínica de cada uno de los participantes, con el fin de identificar la fecha de inicio de la hipoacusia, los umbrales audiométricos observados en la primera y en la última audiometría y la primera frecuencia comprometida en aquellos casos que habían presentado hipoacusia durante el tiempo de vinculación a la empresa.

Con el fin de asegurar una buena calidad de la información, se establecieron tres controles, así:

- Selección por parte de uno de los médicos investigadores del primero y del último audiograma para inclusión en la base de datos de la información consignada en ellos.
- Un segundo médico investigador verificó la selección de tales audiogramas.
- Un tercer investigador digitó la información relacionada con las otras variables de persona tiempo y lugar (edad, sexo, tiempo de vinculación, oficio y dependencia), cuyos valores fueron tomados del SIP utilizado regularmente por la empresa.

Con dicha información se construyó una base de datos haciendo uso del programa *Acces*, base de datos que posteriormente fue revisada por un especialista en sistemas de información en salud. Con base en tal revisión, se detectaron valores atípicos y se realizó

una nueva revisión de las correspondientes historias clínicas (14) para corregir finalmente la información.

## **4. Resultados**

### **Prevalencia**

Se obtuvo una estimación de la prevalencia de hipoacusia con base en los resultados obtenidos en la última audiometría. Con este propósito, se consideró como caso a todo trabajador que hubiera presentado en el último examen un índice ELI en las categorías de *sospechoso* o *muy sospechoso*, independientemente del resultado obtenido en el primer examen. Los resultados, por tipo y por tiempo de exposición, se aprecian en la tabla 3 y en la figura 1.

### **Incidencia**

#### **Deterioro de la capacidad auditiva con base en el índice SAL**

Con el fin de apreciar el comportamiento del índice SAL en el período estudiado, se obtuvo la distribución del valor de dicho índice en la primera audiometría por el valor observado en la última audiometría por tiempo de exposición. Los resultados obtenidos se aprecian en la tabla 4.

Como puede observarse, sólo uno de los trabajadores que habían estado expuestos por 20 y más años presentó una disminución desde un valor normal hasta una sordera notable.

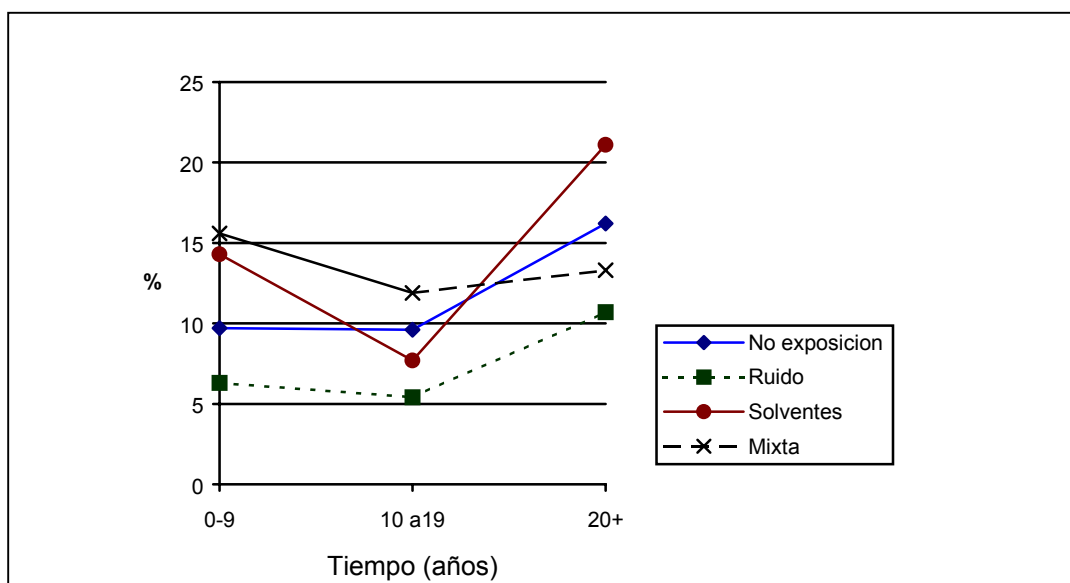
Cuando se analiza el cambio en el índice SAL por tipo de exposición en los grupos de no expuestos, expuestos a ruido, a solventes y a ambos factores, se advierte que el 66%, el 71%, el 75% y el 65% de los trabajadores, respectivamente, mostró en la última audiometría el mismo valor en el índice SAL que habían obtenido en la primera audiometría. Con excepción de un trabajador del grupo no expuesto, todos los participantes mostraron en el último examen un valor en el SAL que los clasifica como normales o casi normales.

### **Modificación del índice ELI**

Con el fin de observar el comportamiento del índice ELI, se obtuvo la distribución de dicho índice en el momento del primer audiograma, de acuerdo con la misma distribución en el último audiograma, tal como se observa en la tabla 5.

**Tabla 3.** Proporciones y porcentajes de prevalencia de hipoacusia por tipo y por tiempo de exposición (los intervalos de 95% de confianza figuran entre paréntesis)

<i>Tipo de Exposición</i>	<i>Tiempo de exposición</i>			<i>Total</i>
	0 – 9	10 – 19	20+	
No exposición	3/31	16/166	16/166	36/302
	9,7%	9,6%	16,2%	11,9%
	(2,0 - 25,8)	(5,6 - 15,2)	(9,7 - 24,7)	(8,6 - 16,2)
Ruido	4/64	5/92	14/131	23/287
	6,3%	5,4%	10,7%	8,0%
	(1,7 - 15,2)	(1,8 - 12,2)	(6,0 - 17,3)	(5,1 - 1,8)
Solventes	1/7	2/26	4/19	7/52
	14,3%	7,7%	21,1%	13,5%
	(0,4 - 57,9)	(0,9 - 25,1)	(6,1 - 45,6)	(5,6 - 25,8)
Mixta	5/32	5/42	4/30	14/104
	15,6%	11,9%	13,3%	13,5%
	(5,3 - 32,8)	(4,0 - 25,6)	(3,8 - 30,7)	(7,6 - 21,6)
Total	13/134	28/326	39/285	80/745
	9,7%	8,6%	13,7%	10,7%
	(5,3 - 16,0)	(5,9 - 12,3)	(9,9 - 19,2)	(8,7 - 13,2)



**Figura 1.** Prevalencia de hipoacusia por tiempo y por tipo de exposición

**Tabla 4.** Modificación del índice SAL por tiempo de exposición

<i>Primer SAL</i>	<i>Ultimo SAL</i>						
	<i>Tiempo de exposición</i>						
	<i>0-9</i>		<i>10-19</i>		<i>20+</i>		
	<i>Normal</i>	<i>Casi normal</i>	<i>Normal</i>	<i>Casi normal</i>	<i>Normal</i>	<i>Casi normal</i>	<i>Sordera notable</i>
Normal	100	13	210	93	163	106	1
%	88,5	11,5	69,3	30,7	60,4	39,3	0,4
Casi normal	8	12	11	10	4	10	0
%	40,0	60,0	52,4	47,6	28,6	71,4	0,0
Total	108	25	221	103	167	116	1
%	81,2	18,8	68,2	31,8	58,8	40,8	0,4

**Tabla 5.** Resultados del índice ELI en el primer audiograma (peor oído) por los mismos resultados en el último audiograma

<i>Primer ELI</i>	<i>Último ELI</i>					<i>Total</i>
	<i>Normal-excelente</i>	<i>Normal-bueno</i>	<i>Normal-límite</i>	<i>Sospechoso</i>	<i>Muy sospechoso</i>	
Normal-excelente	272	149	97	33	18	569
%	47,8	26,2	17,0	5,8	3,2	100,0
Normal-bueno	16	51	35	6	5	113
%	14,2	45,1	31,0	5,3	4,4	100,0
Normal-límite	3	11	29	6	3	52
%	5,8	21,2	55,8	11,5	5,8	100,0
Sospechoso	0	0	2	4	2	8
%	0,0	0,0	25,0	50,0	25,0	100,0
Muy sospechoso	0	0	0	1	2	3
%	0,0	0,0	0,0	33,3	66,7	100,0
Total	291	211	163	50	30	745
%	39,1	28,3	21,9	6,7	4,0	100,0

Dicha distribución muestra que, del total de participantes en el estudio, 274 (36,7%) presentó alguna disminución de su capacidad auditiva; sin embargo, más de la mitad de éstos (149) pasaron de la categoría *bueno-excelente* a la de *normal-bueno*, mostrando así un deterioro muy leve.

Del total de los trabajadores observados, 71 (9,5%) pasaron de una categoría en el primer examen, según la cual no presentaban hipoacusia, a las categorías de *sospechoso* o *muy sospechoso* en el último examen, categorías que definen la presencia de hipoacusia.

Dicha cifra refleja entonces la estimación de la incidencia acumulada total en los trabajadores observados (I.C. 0,95 : 7,7% - 11,3%).

La distribución del reducido número de casos que se presentaron en el período del estudio por tipo y por tiempo de exposición no permite hacer una comparación satisfactoria de las proporciones de incidencia acumulada por tales categorías.

Quizás es importante anotar que en el grupo más numeroso –el de los trabajadores expuestos por 20 y más años– las diferencias entre las proporciones de incidencia acumulada observadas en los cuatro grupos de exposición no fueron significativas (P= 0,55), y que tales proporciones fueron de 0,15; 0,11; 0,21 y 0,13 en los grupos de no expuestos, y en los que presentaban una exposición a ruido, a solventes y mixta, respectivamente.

Con el fin de evitar el fraccionamiento de la información en las diferentes categorías de tiempo y tipo de exposición, y de obtener estimaciones ajustadas de las asociaciones de interés, se construyó un modelo logístico multivariado en el cual se consideraron inicialmente como variables independientes el tipo y el tiempo de exposición –en las categorías de 0-9, 10-19 y 20 y más años– así como la interacción entre estas dos variables, y como variable dependiente, la hipoacusia, de acuerdo con el cambio del resultado inicial del ELI a las categorías de *sospechoso* o *muy sospechoso* en el último examen. Ninguna de las asociaciones del tipo de exposición con la incidencia de la hipoacusia resultó ser estadísticamente significativa, como tampoco lo fue la interacción de interés. Únicamente la exposición por 20 y más años presentó una asociación significativa –con respecto a los expuestos entre 0 y 9 años– con un intervalo del 95% de confianza para el riesgo relativo, cuyos límites fueron 1,21 y 6,42, tal como puede observarse en la tabla 6.

**Tabla 6.** Resultados de la modelación logística multivariada

<i>Término</i>	$\beta$	<i>Error estándar</i>	<i>Valor P</i>	<i>Razón de disparidades</i>	<i>Intervalo 95% Conf,</i>	
					<i>L. inf.</i>	<i>L. sup.</i>
% GM	-2,898	0,388	< 0,001	0,05512	0,02575	118
Tiempo de exp.:						
10-19	0,453	0,439	0,302	1,572	0,665	3,716
20 +	1,026	0,426	0,016	2,791	1,212	6,427
Deviance 0,742 g.l. = 460.146; razón de verosimilitud, 2 g.l. = 8.662; P = 0,013						



Se estudió entonces cualquier deterioro de la capacidad auditiva, considerando como tal el hecho de que el trabajador presentara un índice ELI en la última audiometría que indicara una capacidad auditiva inferior a la del primer examen. Los resultados así obtenidos se clasificaron por tipo y tiempo de exposición, tal como se muestra en la tabla 7.

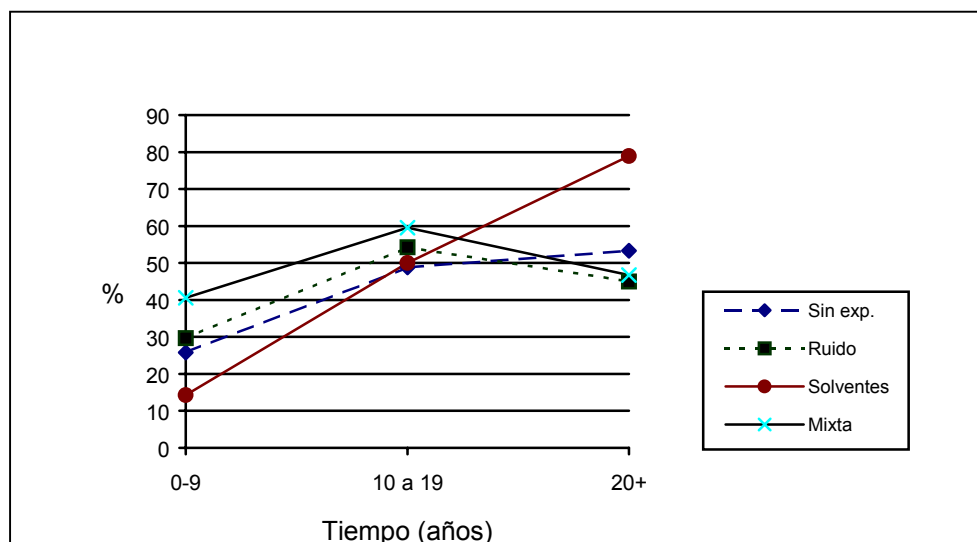
**Tabla 7.** Modificación del índice ELI de acuerdo con el tipo y el tiempo de exposición

<i>Tipo de exposición</i>	<i>Tiempo de exposición</i>								
	<i>0-9</i>			<i>10-19</i>			<i>20+</i>		
	<i>Deterioro</i>		<i>Total</i>	<i>Deterioro</i>		<i>Total</i>	<i>Deterioro</i>		<i>Total</i>
	No	Sí		No	Sí		No	Sí	
Sin exp.	23	8	31	85	81	166	49	56	105
%	74,2	25,8	100,0	51,2	48,8	100,0	46,7	53,3	100,0
Ruido	45	19	64	42	50	92	72	59	134
%	70,3	29,7	100,0	45,7	54,3	100,0	55,0	45,0	100,0
Solventes	6	1	7	13	13	26	4	15	19
%	85,7	14,7	100,0	50,0	50,0	100,0	21,1	78,9	100,0
Mixta	19	13	32	17	25	42	16	14	30
%	59,4	40,6	100,0	40,5	59,5	100,0	53,3	46,7	100,0
Total	93	41	134	157	169	326	141	144	285
%	69,4	30,6	100,0	48,2	51,8	100,0	49,5	50,5	100,0

En estos resultados –que se presentan en la figura 2– no se observaron diferencias significativas en el deterioro de la capacidad auditiva entre los cuatro grupos comparados para una exposición inferior a los 20 años ( $P>0,43$ ); en aquellos trabajadores expuestos a

solventes durante 20 y más años, el porcentaje de quienes mostraron una disminución de dicha capacidad (78,9%) fue significativamente superior al observado en los demás grupos de exposición ( $P=0,04$ ).

A partir del décimo año de exposición se observa en todos los grupos de exposición un aumento significativo ( $P<0,001$ ) de la pérdida de la capacidad auditiva, con un porcentaje de cerca del 50%, superior al 30% que se observa en el grupo de trabajadores expuestos por menos de diez años. No obstante, debe tenerse presente, como ya se ha señalado, que la mayoría de tales pérdidas son leves y consideradas como no patológicas.



**Figura 2.** Deterioro de la capacidad auditiva según el índice ELI por tipo y por tiempo de exposición

### Primera frecuencia comprometida

La distribución de frecuencias de la primera frecuencia comprometida en el oído derecho y en el oído izquierdo, de acuerdo con los umbrales auditivos observados en la última audiometría, se presenta en la tabla 8, en las cuales se aprecia que la moda de ambas distribuciones corresponde a la frecuencia de 4.000 Hz.

### Incidencia y prevalencia por oficio y dependencia

Aunque inicialmente los investigadores se habían propuesto como objetivo comparar la prevalencia y la incidencia de la hipoacusia entre los distintos oficios y dependencias de la GCB, el gran número de categorías resultante en tales variables, junto con las reducidas cifras observadas en dichos indicadores de la morbilidad, hicieron imposible su realización.

**Tabla 8.** Primera frecuencia comprometida

<i>Frecuencia (Hz)</i>	<i>Oído derecho</i>		<i>Oído izquierdo</i>	
	<i>N</i>	<i>%</i>	<i>N</i>	<i>%</i>
500			1	0,6
1.000	1	0,7	1	0,6
2.000	5	3,7	5	2,9
3.000	19	14,2	33	19,1
4.000	46	34,3	63	36,4
6.000	33	24,6	46	26,6
8.000	30	22,4	24	13,9
Total	134	100,0	173	100,0

## **5. Discusión**

Los resultados del presente trabajo revelan que la incidencia y la prevalencia de la hipoacusia neurosensorial en los trabajadores de la población estudiada son bastante bajas. Tales resultados son consistentes con las evaluaciones que recientemente se han realizado de los niveles de exposición efectiva a ruido y a solventes aromáticos existentes en la GCB.

En el estudio integrado del ambiente de trabajo, realizado en noviembre de 1997 en la GCB por el Instituto de Salud Ocupacional y Contaminación Ambiental de México, se realizaron 89 dosimetrías a 31 trabajadores de la planta de parafinas, que desempeñaban 12 oficios diferentes, y se practicaron 61 evaluaciones del nivel sonoro continuo. El valor máximo observado en las dosimetrías fue de 78 dB y, aunque prácticamente todas las evaluaciones del nivel sonoro mostraron valores que superan los límites permisibles, se encontró solamente un cargo con una exposición a ruido superior a dichos límites. Tal resultado se explica, en buena medida, por el hecho de que los operarios se alejan de las fuentes de contaminación durante períodos prolongados de la jornada de trabajo, con lo cual la dosis de exposición resulta ser inferior a los 85 dB (A).

Los hallazgos del mismo estudio muestran que el valor máximo de la concentración de tolueno en el ambiente, encontrado en el análisis de 245 muestras tomadas en 108 trabajadores que desempeñaban 17 oficios diferentes en la misma planta fue de 26 mg/m<sup>3</sup>; y

en 64 muestras de diferentes áreas que incluían trabajadores que realizaban 35 oficios se encontró un valor máximo de 5,94 mg/m<sup>3</sup>. Si se tiene en cuenta que el TLV (sigla en inglés de *Threshold Limit Values*) para tolueno es de 188 mg/m<sup>3</sup> –según la ACGIH (sigla en inglés de *American Conference of Governmental Industrial Hygienist*) – y de 190 mg/m<sup>3</sup> –según la Comisión Alemana Mak–, y que, además, durante la última época los trabajadores usualmente utilizan protección respiratoria apropiada cuando se encuentran en la zona operacional, los niveles de exposición al tolueno existentes en la planta de parafinas son inferiores a la mitad del TLV, lo que corresponde a una exposición considerada como de bajo riesgo desde el punto de vista ototóxico.

Con base en tal información, puede afirmarse que los niveles de exposición a ruido y a solventes aromáticos existentes en la planta de parafinas son relativamente bajos, condiciones que, en buena parte, explicarían el comportamiento de los niveles audiométricos observados en la presente investigación.

En la planta de aromáticos, según los resultados del mismo estudio, todas las 43 dosimetrías realizadas en 18 funcionarios que realizaban tareas propias de 5 oficios mostraron niveles de ruido inferiores al TLV; 6 áreas de un total de 9, analizadas con base en un promedio de 16 lecturas, mostraron valores superiores al TLV. Por su parte, en 119 muestras correspondientes a 63 trabajadores que se desempeñaban en 9 oficios, se encontró un valor máximo de 3,09 mg/m<sup>3</sup> en la concentración de tolueno, y en 5 áreas observadas el valor máximo fue de 97,74 mg/m<sup>3</sup>. Así, tampoco los trabajadores de la planta de aromáticos se encuentran expuestos a una exposición peligrosa al tolueno bajo el punto de vista neurotóxico.

A su vez, los niveles de ruido detectados en 85 dosimetrías practicadas en 47 funcionarios del departamento de laboratorios analíticos presentaron un valor máximo de 78 dB. En las evaluaciones de la exposición al tolueno se encontró un valor máximo de 95,86 mg/m<sup>3</sup>, correspondiente a la exposición propia del cargo de analista de titulaciones; en el resto de la evaluaciones realizadas, los valores detectados fueron menores a 10 mg/m<sup>3</sup>, muchos de ellos apenas detectables por los equipos de medición.

Tales hallazgos permiten concluir que el departamento de laboratorios analíticos presenta unos niveles de exposición al ruido y al tolueno que se encuentran por debajo de los límites permisibles. En particular, se confirma que la concentración del tolueno, y en general del resto de solventes, está muy por debajo del límite permisible, aún el corregido para Colombia. Con respecto al benceno y al xileno, debe tenerse presente que la exposición a sus emanaciones no representa riesgos ototóxicos de importancia.<sup>13,14,15</sup>

Además de las consideraciones anteriores, debe advertirse que para evaluar la pérdida de la capacidad auditiva en el presente estudio se atendió a la orientación impartida por diferentes organismos nacionales e internacionales, en el sentido de que debe tenerse en cuenta el factor de corrección del umbral auditivo por edad y sexo, y que dicho factor ha de aplicarse, no sólo para corregir los umbrales detectados en las frecuencia de 4.000 Hz, sino también en las frecuencias de 6.000 y 8.000 Hz.<sup>16,17</sup>

Con base en esta recomendación y con el criterio inicialmente establecido por Hermann en 1973 –según el cual se debe considerar como sospechoso de trauma sonoro a quien presente una pérdida de entre 23 y 29 dB en la frecuencia de 4000 Hz– la prevalencia puntual estimada de hipoacusia en los diferentes grupos de exposición estudiados se encuentra entre el 8 y el 13,5%, resultados que indican una prevalencia mucho más baja que la referida por los dos estudios anteriores realizados en la GCB que ya se han citado. Más aún, existe evidencia epidemiológica de que una población no expuesta a ruido industrial puede tener umbrales de 25 dB, debido al grado de contaminación extralaboral a ruido.<sup>18</sup> Con esta consideración y con la aplicación de la corrección recomendada, la prevalencia global estimada de trauma acústico con pérdida mayor o igual a 30 dB en las frecuencias agudas –clasificación E en el índice ELI– es de sólo el 4% en la población de estudio.

Si en el presente estudio se hubiera estimado la prevalencia de hipoacusia en las frecuencias de 4.000, 6.000 y 8.000 Hz, utilizando como criterio un umbral de 25 y más dB no corregido por el factor correspondiente de edad y sexo, las cifras obtenidas según el umbral audiométrico del peor oído habrían sido de 36, 26 y 22%, respectivamente, resultados semejantes a los obtenidos en los estudios anteriores referidos en los cuales se ignoró la corrección mencionada.

Con respecto a los resultados obtenidos acerca de la primera frecuencia comprometida, es importante señalar que ella es sin duda la frecuencia de 4.000 Hz, que se presentó como valor modal en los umbrales auditivos observados sin el factor de corrección. Si se fueran a corregir los umbrales auditivos por el factor indicado, el número de trabajadores con la primera frecuencia comprometida en los 6.000 y en los 8.000 Hz habría sido aun menor que el observado, pues la corrección para tales frecuencias es mayor que para la frecuencia de 4.000 Hz. Este resultado se evidencia al clasificar a los 71 trabajadores que modificaron su capacidad auditiva en las categorías diagnósticas de *sospechoso* o *muy sospechoso* en el período estudiado con el mismo criterio que se utilizó pero no de acuerdo con el resultado observado en la frecuencia de 4.000 Hz sino con el observado en las frecuencias de 6.000 y 8.000 Hz: sólo 8 y 10 trabajadores habrían sido clasificados como positivos en tales frecuencias, respectivamente.

Los resultados obtenidos en la presente investigación, relacionados con la prevalencia y la incidencia de hipoacusia en las poblaciones estudiadas, parecen confirmar la bondad del programa VETERI, mostrando así que con controles en el ambiente –tanto en la fuente como en el medio–, con controles audiométricos periódicos a los trabajadores y con el uso de protectores auditivos por parte de la población expuesta, se promueve la salud auditiva y se evita su deterioro inducido por ruido.

Creemos que la aplicación de dichas medidas de prevención en la GCB explica parcialmente la baja morbilidad encontrada y la ausencia de diferencias significativas en los indicadores obtenidos entre los grupos estudiados.

## 6. Conclusiones

- La baja morbilidad por hipoacusia neurosensorial de los trabajadores expuestos a ruido en la GCB parece reflejar los resultados positivos de la aplicación del programa de vigilancia epidemiológica de trabajadores expuestos a ruido industrial (VETERI), que se inició en 1970.

- No hay alteraciones importantes en la capacidad auditiva de los trabajadores en las frecuencias conversacionales –500, 1.000, 2.000 y 3.000 Hz–. El deterioro de la capacidad de audición social es leve, aun en los expuestos por tiempo prolongado.

- En la evaluación de la pérdida auditiva inducida por ruido y solventes orgánicos, las frecuencias de 6.000 y 8.000 Hz mostraron un menor compromiso que la frecuencia de 4.000 Hz cuando tuvo en cuenta el factor de presbiacusia.

- No se detectaron efectos apreciables en la salud al comparar las cuatro cohortes estudiadas. Únicamente los trabajadores expuestos por 20 y más años mostraron un mayor riesgo de sufrir presbiacusia.

- La propuesta de vigilancia epidemiológica ocupacional con evaluaciones basadas en las escalas ELI (pérdida temprana de la audición) y SAL (pérdida social de la audición), adoptada por la seguridad social en Colombia desde 1984, también es aplicable en la GCB de Ecopetrol.

- La evaluación audiométrica anual con exploración de la vía ósea y aérea no se justifica, dado el estado de salud auditiva encontrado. Tal procedimiento produce fatiga y desmotivación en la población objeto de la vigilancia.

- La frecuencia que más precozmente se compromete en los trabajadores de la GCB que participan en el programa de vigilancia epidemiológica auditiva es la de 4.000 Hz y, en segunda instancia, la de 6.000 Hz.

## Referencias

1. Moller C, Odkvist L, Thell J, et al. Otoneurological findings in sicoorganic syndrom caused by industrial solvents exposure. *Acta Otolaringol Stockh* 1989; 107:5-12.
2. Abbate C, Giorgianni C, Munao F, Brecciaroli R. Neurotoxicity induced by exposure to toluene. *Int Arch Occup Enviromental Health* 1993; 64:389-392.
3. Abdolreza E, Freemon F. Progressive optic neuropathy and sensoneural hearing loss due to chronic glue sniffing. *Journal of Neurology, Neurosurgery and Psichiatriy* 1983; 46:349-351.

4. Odkvist L, Arlinger S, Edling C, et al. Audiological and vestibulo-oculomotor findings in workers exposed to solvents and jet fuel. *Scan Audiol* 1987; 16:75-81.
5. Bergstrom B, Nystrom B. Development of hearing loss during long-term exposure to occupational noise. *Scan Audiol* 1986; 15:227-234.
6. Bedoya M, González C, Wills BA. Bases para un sistema de vigilancia epidemiológica para la conservación auditiva. Medellín: Instituto de los Seguros Sociales, 1995.
7. Saeng O, Shu-Pi C, Conrad K. Noise induced hearing loss among male workers in Korea. *AAOHIN Journal* 1998; 46(2).
8. Rendón ID, Muñoz AL, Estrada RJ, et al. Umbrales auditivos en la frecuencia de 4.000 cps en la población laboral colombiana, no expuesta a ruido industrial. Cali: Universidad de Antioquia, Seguro Social, Ultragraf, 1996.
9. Hermann ER. An epidemiological study of noise. En: Congreso Internacional de Salud Ocupacional (16: 1973: Madrid).
10. Morata T, et al. Effects of occupational exposure to organic solvents and noise hearing. *Scan J Work Environ Health* 1993; 19:245-254.
11. Vergara P. Hipoacusia neurosensorial en el Complejo Industrial de Barrancabermeja. CIB, 1980.
12. Vásquez G, Barriga E. Proporción de prevalencia de hipoacusia neurosensorial en los trabajadores del Complejo Industrial de Barrancabermeja. Vigilancia epidemiológica en trabajadores expuestos a ruido industrial (VETERI). Ecopetrol, CIB, 1990.
13. Morata T, et al. Toluene induced hearing loss among rotogravure printing orkers. *Scand J Work Environ Health* 1997; (23):289-298.
14. Tsai SP, Benett JM, Ryan TE, et al. Medical surveillance for hematological disorders among active and retired oil refinery workers. *JOEM* 1998;40(5): 475-480.
15. Bæum J, Molhave L, Hansen SH, et al. Metabolic interaction between toluene, trichloro ethilene and n-hexane in humans. *Scand J Work Environ Health* 1998; 24(1):30-7.

16. ICONTEC. Proyecto de norma colombiana: determinación de la exposición al ruido ocupacional y estimación del deterioro de la audición inducido por ruido. Santafé de Bogotá, 1990.
17. TLV and BEL. Treshold limit values for chemical substances and physical agents. Biological Exposure Indices, 1997.
18. National Archives and Records Administration. Occupational Safety and Health Administration. Ch 17. 1997: 210-11.

### **Otras referencias consultadas:**

American Conference of Governmental Industrial Hygienist. Threshold limit values for chemical substances and physical agents. Biological Exposure Indices. Cincinnati, Ohio; 1997.

Delclos G. Transversal study of workers with potential exposure to aromatic hidrocarbures in the Industrial Complex of Barrancabermeja. University of Texas, Houston: Southwest Center for Occupational and Evironmental of the School of Public Health; 1996.

Gerencia Complejo Barrancabermeja, Ecopetrol, Instituto de Salud Ocupacional y Contaminación Ambiental de México. Estudio integrado del ambiente de trabajo. Evaluación cuantitativa de los riesgos de exposición ocupacional en la planta de aromáticos; 1997.

Gerencia Complejo Barrancabermeja. Proyecto de Salud Ocupacional en la Industria del Petróleo (SOIP). Alteraciones neurológicas en trabajadores con exposición potencial a hidrocarburos aromáticos en Colombia. Informe preliminar de resultados. Santafé de Bogotá: OPS; 1997.

Gerencia Complejo Barrancabermeja. Proyecto de Salud Ocupacional en la Industria del Petróleo (SOIP). Estudio clínico y de laboratorio de toxicología. Informe final. Santafé de Bogotá: OPS, 1997.

Stompson Española S.A. Mapa de ruido. Informe técnico. Ecopetrol, CIB; 1994.

Universidad de Antioquia. Facultad Nacional de Salud Pública. Evaluación ambiental de ruido en Ecopetrol, Complejo Industrial de Barrancabermeja. Medellín; 1994.

Universidad de Antioquia. Facultad Nacional de Salud Pública. Evaluación ambiental de dosimetrías de ruido en el Complejo Industrial de Barrancabermeja. Medellín; 1996.