

Efectos auditivos del ruido producido por el tráfico aéreo del aeropuerto internacional El Dorado en las poblaciones de Engativá y Fontibón*

Juan Luis Londoño F.¹
Hernando Restrepo O.²
Fernando Vieco G.³
Rigoberto Quinchía H.⁴

Resumen

Objetivo: se realizó un estudio con el fin de evaluar el efecto del ruido del tráfico aéreo en la capacidad auditiva de los habitantes de las localidades vecinas al aeropuerto. **Materiales y métodos:** se utilizó un diseño de *cross-sectional* con base en muestras aleatorias poblacionales de escolares y de adultos expuestos y no expuestos al ruido. Se consideró como exposición un nivel de 65 dB(A) L_{dn} o más en la vivienda, o un nivel de exposición individual L_{max} o SEL de 85 dB(A) o superior. Para la evaluación de la capacidad auditiva se utilizó la audiometría tonal liminar y el análisis de los resultados se hizo con base en los índices ELI y Larsen y la disminución en decibeles del umbral auditivo. Se comparó la prevalencia cruda de hipoacusia en expuestos y no expuestos y luego se utilizó un modelo de regresión logística para ajustar la comparación por múltiples variables. **Resultados:** según los índices ELI extendido (6.000 hercios) y Larsen, la hipoacusia fue significativamente mayor en los escolares y en los adultos expuestos, con prevalencias que superan a las de los no expuestos en 43 y 15% (en escolares, respectivamente)

y en 32 y 11% (en adultos); según el índice ELI (4.000 hercios), también la prevalencia en los adultos expuestos fue significativamente mayor en un 3% que en los no expuestos. Además, la disminución en el umbral auditivo en ambos oídos de los adultos expuestos fue significativamente mayor que la de los no expuestos en todas las frecuencias, excepto en la frecuencia de 500 hercios en el oído derecho. **Conclusiones:** el estudio aporta una evidencia sólida que muestra que el ruido del tráfico aéreo ha producido efectos nocivos en la capacidad auditiva de la población expuesta. El mayor impacto se aprecia en la frecuencia de 6.000 hercios. La población no expuesta muestra también una alta prevalencia de hipoacusia. En consecuencia, las instituciones cuya responsabilidad es velar por la salud pública deben tomar medidas de prevención y control.

Palabras clave

Hipoacusia, ruido, tráfico aéreo, estudio *cross-sectional*

* La investigación fue financiada por el Ministerio de la Protección Social, entidad que tiene los derechos de propiedad sobre la misma y ha concedido autorización a la Revista para su publicación. Se reproduce aquí lo relacionado con la salud auditiva de la población estudiada; el informe completo se puede solicitar a los autores.

- 1 Ingeniero administrativo, master en ciencias de la salud pública, profesor jubilado de la Facultad Nacional de Salud Pública, Universidad de Antioquia; director de la revista Facultad Nacional de Salud Pública. E-mail: jlondono@guajiros.udea.edu.co
- 2 Médico, magíster en salud pública, profesor de la Facultad Nacional de Salud Pública, Universidad de Antioquia
- 3 Psicólogo, magíster en salud pública, profesor de la Facultad Nacional de Salud Pública, Universidad de Antioquia
- 4 Ingeniero sanitario, especialista en ingeniería ambiental, profesor de la Facultad Nacional de Salud Pública, Universidad de Antioquia

Recibido: 12 de julio de 2004. Aceptado: 28 de octubre de 2004.

Hearing effects of the air traffic noise produced by the El Dorado international airport in the populations of Engativá and Fontibón

Abstract

Objective: the study was conducted to assess the impact of air traffic noise on the hearing conditions of the residents in the neighborhood of the airport. **Materials and methods:** a *cross-sectional* design was applied based on random population samples of scholars and adults exposed and non-exposed to such noise. A level of 65 dB(A) L_{dn} or more in the house, or one of 85 dB(A) L_{max} or SEL individually considered was defined as the criterion for exposure. In order to examine the hearing conditions of the participants a tonal liminar audiometry was performed, and the analysis was conducted according to ELI and Larsen indexes, and in the dB reduction of the hearing threshold. The crude prevalence of hearing loss in the people exposed was compared to that in the non-exposed, and a logistic model was constructed to adjust the comparison by multiple variables. **Results:** according to ELI extended (6.000 hertz) and Larsen indexes, prevalence of hearing loss was significantly higher among scholars and adults exposed than in the non-exposed, with 43 and 15% higher prevalence in scholars, respectively, and 32 and 11% in adults; also, according to ELI index (4.000 hertz), prevalence among adults exposed was 3% higher than that one among the non-exposed. In addition, threshold shift in both ears was significantly higher among adults exposed than in the non-exposed in all tonal frequencies, except in the 500 hertz frequency in the right ear. **Conclusions:** the study provides a strong evidence of the adverse effects of the air traffic noise in the hearing ability of the exposed residents. The main impact is shown in the tonal frequency of 6.000 hertz. The non-exposed population also shows a high prevalence of hearing loss. Consequently, those institutions in charge of the public health must implement preventive and control measures.

Key words

Hearing loss, noise, air traffic, cross-sectional study

Introducción

El ruido producido por el tráfico aéreo de los aeropuertos se considera hoy como un serio problema de salud pública, con efectos nocivos de tipo somático, fisiológico y bioquímico que han sido ampliamente demostrados.^{1, 2, 3, 4, 5} En Colombia es bien conocida la problemática que ha generado el ruido producido por el tráfico aéreo del aeropuerto internacional El Dorado de la ciudad de Bogotá en las poblaciones vecinas. Parte de dicha problemática tiene que ver con los potenciales efectos negativos del ruido producido por dicho tráfico en la salud física y mental de los habitantes de las localidades de Engativá y Fontibón, vecinas al aeropuerto.

En respuesta a esta inquietud, la Secretaría de Salud del Distrito de Bogotá, abrió en el año 2000 una convocatoria pública para la presentación de un proyecto de investigación por medio del cual se evaluara el impacto del ruido del aeropuerto en la salud de los habitantes de tales localidades. Como resultado de tal convocatoria, la realización de la investigación fue adjudicada a la Facultad Nacional de Salud Pública Héctor Abad Gómez, de la Universidad de Antioquia. El proyecto presentado por esta institución consideraba la evaluación epidemiológica del impacto del ruido en la capacidad auditiva y en aspectos selectos relacionados con la salud mental, que fueran susceptibles de su estimación en las zonas aledañas al aeropuerto. En este artículo se presentan los resultados obtenidos en la evaluación del efecto del ruido del tráfico aéreo en la capacidad auditiva de las personas expuestas.

Métodos

Se realizó un estudio epidemiológico mediante el diseño conocido como *cross-sectional*^{6, 7} con el fin de estimar la diferencia en la capacidad auditiva de los escolares de los grados 9º, 10º y 11º y de los adultos expuestos y no expuestos al ruido.

Con base en criterios internacionales^{1, 2, 3, 5} y en la Resolución 1330 de 1995 expedida por el Ministerio del Medio Ambiente —que define el nivel de 65 dB(A) como aquel a partir del cual el ruido representa una molestia ambiental para la comuni-

dad—, se consideró como población expuesta a la residente dentro de la curva isofónica de 65 dB(A) L_{dn} , tal como aparece en los mapas que se han elaborado como resultado de los programas de monitoreo ambiental.⁸ Para la medición de la capacidad auditiva se realizó una audiometría tonal liminar por medio de un audiómetro con cabina sonoamortiguada, con capacidad para explorar las vías aéreas de 250, 500, 1.000, 2.000, 3.000, 4.000, 6.000 y 8.000 hercios. El deterioro auditivo se midió según los índices ELI y Larsen, descritos a continuación.

- **Índice ELI** (*Early Loss Index*). Este índice evalúa la capacidad auditiva según el registro audiométrico del peor oído en la frecuencia de 4.000 hercios. Para la clasificación de la pérdida auditiva se definió como caso sospechoso aquel que presentara una pérdida superior a 22 dB(A) en la frecuencia de 4.000 hercios y, según el índice ELI extendido, en la de 6.000 hercios. Tales criterios se adoptaron con base en el estudio de umbrales auditivos poblacionales de Colombia, realizado por Rendón y colaboradores en 1996⁹, y en los resultados de un estudio de la salud auditiva de los trabajadores del Complejo de Ecopetrol en Barrancabermeja.¹⁰
- **Índice Larsen**. Este índice clasifica los hallazgos en la pérdida del umbral auditivo de 25 o más decibeles en una sola banda de alta frecuencia (3.000, 4.000, 6.000, 8.000 hercios) en el grado I, en dos o más frecuencias altas sin compromiso de las frecuencias conversacionales en el grado II, y el compromiso en varias frecuencias altas y alguna de las graves, en el grado III.¹¹

Las medidas obtenidas en los adultos en ambos índices se ajustaron por edad y sexo según la recomendación de Hermann.¹²

Los escolares participantes se seleccionaron de establecimientos educativos oficiales con el fin de garantizar una mayor uniformidad en las características de docentes y estudiantes. La selección aleatoria de los escolares se hizo a partir de los listados que fueron proporcionados por los directivos,

una vez que manifestaron su consentimiento informado. Con el fin de seleccionar a los adultos, se identificaron aleatoriamente las viviendas y los participantes en las zonas expuestas y no expuestas a partir de los mapas de cada localidad. Una vez seleccionadas las viviendas, una socióloga experta en trabajo comunitario visitó cada una de ellas en el día anterior a la realización de las pruebas para informar a los elegidos acerca del estudio, asegurar en lo posible su participación y obtener el consentimiento informado.

Los criterios para la determinación de los tamaños de la muestra de las dos poblaciones consideradas en el estudio fueron los siguientes:*

- *Escolares de los grados 9º, 10º, y 11º.* El tamaño de la muestra se calculó para detectar una diferencia mínima en la disminución del umbral auditivo entre expuestos y no expuestos de 3 decibeles, con probabilidades aceptadas de incurrir en errores tipo I y II de 5 y 20%, respectivamente. Se asumió un promedio en la disminución del umbral en no expuestos de 10 decibeles y una desviación estándar de 5 decibeles, de acuerdo con los resultados del Programa de Salud Escolar de las localidades de Engativá y Fontibón. Con el supuesto de un 10% de pérdidas, el tamaño de la muestra por categoría de exposición fue de 174 escolares, para un total de 348 audiometrías.
- *Pérdida auditiva en los adultos residentes.* Con el fin de estimar la diferencia en la prevalencia de casos sospechosos de hipoacusia, el tamaño de la muestra se calculó para detectar una diferencia mínima de 5% a partir de una prevalencia esperada en no expuestos de 10%¹³ y con probabilidades aceptadas de incurrir en errores tipo I y II de 5 y 20%, respectivamente. Al aumentar el tamaño de la muestra en 10% para posibles pérdidas, se obtuvo una muestra de 600 adultos por categoría de exposición, para un total de 1.200 audiometrías.

* Para calcular los diversos tamaños de las muestras se utilizó el *Programa para el cálculo del tamaño muestral en diseños de investigación* (Laboratorios Glaxo, 1993).

Con el fin de garantizar en lo posible la validez de los resultados observados, se tuvieron en cuenta los siguientes criterios:

- La selección de los participantes en todas las pruebas se realizó de manera aleatoria, a partir de los listados que fueron suministrados por los establecimientos educativos y de los mapas de las localidades elaborados por la Oficina de Planeación del Distrito Capital de Bogotá.
- Se excluyeron del estudio aquellas personas que manifestaron que conducían motocicleta de manera permanente, que trabajaban en bares o discotecas con música a alto volumen o que residían en las vías de mayor tráfico vehicular, y las que se presentaron voluntariamente al estudio sin haber sido seleccionadas previamente en las muestras aleatorias.
- En las muestras solo se incluyeron personas residentes por un año o más en las localidades de Engativá y Fontibón.
- En el análisis de la información se controló el efecto de aquellas variables que pudieran confundir los resultados, como se describe en la siguiente sección referida a estos.

Las pruebas de significación estadística se realizaron con base en las distribuciones de chi-cuadrado, t de Student y Wald, según las diversas situaciones del análisis.

Resultados

Capacidad auditiva de los escolares de los grados 9º, 10º y 11º

La distribución de los 348 escolares que participaron en el estudio por edad y exposición, que se presenta en la tabla 1, revela ligeras diferencias de edad entre los expuestos y los no expuestos. La distribución por sexo, en cambio, muestra un menor porcentaje de escolares de sexo femenino entre los expuestos (42,0%) que entre los no expuestos (50,6%).

Índice ELI en 4.000 hertzios

Una vez definida la hipoacusia como la disminución del umbral auditivo en más de 22 dB(A) en cualquier oído, se obtuvo su prevalencia estimada

Tabla 1. Distribución de la muestra de escolares que se presentaron a las audiometrías por edad y exposición

Exposición		Edad			Total
		11-12	13-14	15-19	
No	No.	43	87	44	174
	%	24,7%	50,0%	25,3%	100,0%
Sí	No.	38	89	47	174
	%	21,8%	51,1%	27,0%	100,0%
Total	No.	81	176	91	348
	%	23,3%	50,6%	26,1%	100,0%

por exposición. Los resultados mostraron una prevalencia de hipoacusia de 10,9% en los escolares expuestos y de 5,2% en los no expuestos, con una diferencia que fue estadísticamente significativa con un valor P unilateral de 0,037 (tabla 2).

Tabla 2. Prevalencia de hipoacusia en escolares por exposición según el índice ELI

Exposición		Hipoacusia		Total
		No	Sí	
No	No.	165	9	174
	%	94,8%	5,2%	100,0%
Sí	No.	155	19	174
	%	89,1%	10,9%	100,0%
Total	No.	320	28	348
	%	92,0%	8,0%	100,0%

Para controlar posibles sesgos de confusión se utilizó un modelo de regresión logística^{7, 14} en el cual se consideró como variable dependiente la presentación de hipoacusia (sí-no) y se incluyeron como variables independientes la exposición, la edad, el sexo, el tiempo de residencia en la zona y los antecedentes de otitis media y trauma acústico. Los resultados que figuran en la tabla 3 muestran para la exposición una estimación de la oportunidad relativa u *Odds Ratio* (OR) ajustada igual a 2,09, con un intervalo de 95% de confianza entre 0,90 y 4,85.

Se estimó además la razón de prevalencia (RP) a partir de la oportunidad relativa (OR) estimada por el modelo de regresión logística, haciendo uso de la expresión $RP = OR / [1 + p_0(OR - 1)]$, en la cual p_0 denota la prevalencia en los no expuestos.¹⁴

Tabla 3. Resultados de un modelo de regresión logística para la hipoacusia en escolares según el índice ELI

Variable	b	E.T.	Wald	g.l.	Valor P	Exp(b)	I.C. 95% para Exp(b)	
							Inferior	Superior
Exposición	0,735	0,431	2,902	1	0,088	2,085	0,895	4,854
Edad ^a	0,240	0,411	0,342	1	0,559	1,272	0,568	2,848
Sexo ^b	0,692	0,440	2,477	1	0,116	1,997	0,844	4,728
Tiempo de residencia ^c	0,804	0,561	2,058	1	0,151	2,235	0,745	6,710
Otitis	0,070	0,693	0,010	1	0,920	1,073	0,276	4,173
Trauma acústico	-0,361	0,821	0,193	1	0,660	0,697	0,139	3,486
Constante	-4,719	0,925	26,019	1	0,000	0,009		

^a Se definieron dos categorías: menos de 14 y 14 o más años.

^b Se tomó el sexo femenino como categoría de referencia.

^c Menos de 3 y 3 o más años.

Tabla 4. Prevalencia de hipoacusia en escolares por exposición según el índice ELI extendido

Exposición	Hipoacusia			Total
	No	Sí		
No	No.	148	26	174
	%	85,1%	14,9%	100,0%
Sí	No.	117	57	174
	%	67,2%	32,8%	100,0%
Total	No.	265	83	348
	%	76,1%	23,9%	100,0%

Los resultados obtenidos muestran un valor ajustado de la razón de la prevalencia de hipoacusia RP entre expuestos y no expuestos de 1,97, con un intervalo de 95% de confianza entre 0,90 y 3,71.*

Índice ELI extendido (en 6.000 hercios)

La prevalencia de hipoacusia según el índice ELI extendido se obtuvo de manera similar a como se

* Los resultados mostraron una prevalencia puntual en los no expuestos p_0 de 5,2% con un intervalo de 95% de confianza entre 2,4 y 8,0 por ciento.

Tabla 5. Resultados de un modelo de regresión logística para la hipoacusia en escolares según el índice ELI extendido

Variable	b	E.T.	Wald	g.l.	Valor P	Exp(b)	I.C. 95% para Exp(b)	
							Inferior	Superior
Exposición	0,949	0,277	11,707	1	0,001	2,582	1,500	4,446
Edad ^a	0,400	0,266	2,269	1	0,132	1,492	0,886	2,513
Sexo ^b	0,261	0,266	0,961	1	0,327	1,298	0,770	2,188
Tiempo de residencia ^c	0,158	0,300	0,278	1	0,598	1,171	0,651	2,109
Otitis	0,273	0,445	0,376	1	0,540	1,313	0,549	3,141
Trauma acústico	-0,061	0,486	0,016	1	0,901	0,941	0,363	2,439
Constante	-2,463	0,515	22,867	1	0,000	0,085		

^a Se definieron dos categorías: menos de 14 y 14 o más años.

^b Se tomó el sexo femenino como categoría de referencia.

^c Menos de 3 y 3 o más años.

Tabla 6. Resultados de un modelo de regresión logística para la hipoacusia en escolares según el índice Larsen

Variable	b	E.T.	Wald	g.l.	Valor P	Exp(b)	I.C. 95% para Exp(b)	
							Inferior	Superior
Exposición	0,668	0,256	6,799	1	0,009	1,951	1,180	3,223
Edad ^a	0,463	0,251	3,406	1	0,065	1,588	0,972	2,595
Sexo ^b	0,149	0,249	0,358	1	0,550	1,161	0,712	1,893
Tiempo de residencia ^c	0,352	0,286	1,515	1	0,218	1,422	0,812	2,489
Otitis	-0,055	0,441	,015	1	0,901	0,947	0,399	2,248
Trauma acústico	0,279	0,458	,371	1	0,543	1,322	0,539	3,242
Constante	-2,058	0,479	18,456	1	0,000	0,128		

^a Se definieron dos categorías: menos de 14 y 14 o más años.

^b Se tomó el sexo femenino como categoría de referencia.

^c Menos de 3 y 3 o más años.

obtuvo la prevalencia de hipoacusia según el índice ELI en 4.000 hercios. Los resultados muestran una prevalencia en expuestos de 32,8%, significativamente mayor que la de 14,9% de los no expuestos, con un valor P igual a 0,000 (tabla 4).

Con el fin de estimar una medida ajustada de la diferencia en la prevalencia de hipoacusia entre los expuestos y los no expuestos, se construyó un modelo de regresión logística en el cual se definió la hipoacusia (sí-no) como variable dependiente y se incluyeron la exposición, la edad, el sexo, el tiempo de residencia en la zona, y los antecedentes de otitis media y trauma acústico como variables independientes. Los resultados del modelo (tabla 5), señalan a la exposición como un factor que está asociado positiva y significativamente con la prevalencia de hipoacusia, con un valor P igual a 0,001.

Según dicho modelo, la oportunidad relativa ajustada estimada (2,58) y sus límites de confianza (1,50 y 4,45) permiten obtener las correspondientes estimaciones de la razón entre las prevalencias de expuestos y no expuestos, de la manera ya mencionada en el análisis del comportamiento del índice ELI en 4.000 hercios. Así, la razón de prevalencias RP ajustada por los factores incluidos en el modelo fue de 2,09, con límites de un intervalo de 95% de confianza de 1,43 y 2,67.*

Índice Larsen

Con el fin de facilitar el estudio del comportamiento del índice Larsen, se agruparon en una las categorías I, II y III (que mostraban una pérdida de más de 25 decibeles en el umbral auditivo, al menos en un oído en una o más bandas de frecuencia) y dicha categoría se definió como hipoacusia. De esta manera, la prevalencia de hipoacusia en los expuestos fue de 35,6% y en los no expuestos, de 21,3%. La diferencia entre tales medidas resultó ser estadísticamente significativa con un valor P unilateral de 0,002.

Con el fin de controlar posibles sesgos de confusión se construyó un modelo multivariado de regresión logística en el cual se definió como variable dependiente la presentación de hipoacusia (sí-no) según el índice de Larsen, y como variables independientes, la exposición, el sexo, la localidad, los antecedentes de otitis media y trauma acústico y el tiempo de residencia en la zona. Los resultados que figuran en la tabla 6 muestran para la exposición una estimación de la oportunidad relativa OR ajustada igual a 1,95, con un intervalo de 95% de confianza entre 1,18 y 3,22.

Tales resultados indican que la razón ajustada entre la prevalencia de hipoacusia en los expuestos y los no expuestos RP fue de 1,62 con límites de un intervalo de 95% de confianza de 1,15 y 2,03.**

Capacidad auditiva de los adultos residentes

La distribución de los adultos participantes en el estudio por edad y exposición se aprecia en la tabla 7. Tal distribución muestra una población más joven en el grupo no expuesto al ruido; por su parte, la distribución por sexo entre los expuestos y no expuestos fue similar, con 73% de los expuestos y 75% de los no expuestos de sexo femenino. La mitad de los participantes residía en la localidad de Engativá y el resto, en Fontibón.

En los resultados, que se presentan a continuación, siempre se ajustó la respuesta obtenida en la audiometría por el factor correspondiente a la edad y al sexo del adulto participante. Para el análisis se aplicaron los mismos métodos, ya descritos, que se utilizaron en el análisis de la información correspondiente a los escolares.

Índice ELI en 4.000 hercios

Con el mismo criterio que se adoptó para la definición de la hipoacusia en los escolares, su prevalencia observada en los adultos expuestos (24,3%) fue significativamente mayor que la observada en

** Los resultados mostraron una prevalencia de hipoacusia en los no expuestos p0 de 14,9% con un intervalo de 95% de confianza entre 10,5 y 19,3 por ciento.

* Según los resultados, se asumió una prevalencia de hipoacusia en los no expuestos p0 del 17,7% con un intervalo de 95% de confianza entre 14,7 y 20,7 por ciento.

Tabla 7. Distribución de los adultos que participaron en las audiometrías por edad y exposición

Exposición	Edad				Total	
	18-29	30-39	40-49	50-65		
No	No.	171	169	134	126	600
	%	28,5%	28,2%	22,3%	21,0%	100,0%
Sí	No.	111	137	132	220	600
	%	18,5%	22,8%	22,0%	36,7%	100,0%
Total	No.	282	306	266	346	1.200
	%	23,5%	25,5%	22,2%	28,8%	100,0%

Tabla 8. Prevalencia de hipoacusia en los adultos por exposición según el índice ELI

Exposición	Hipoacusia		Total	
	No	Sí		
No	No.	494	106	600
	%	82,3%	17,7%	100,0%
Sí	No.	454	146	600
	%	75,7%	24,3%	100,0%
Total	No.	948	252	1.200
	%	79,0%	21,0%	100,0%

los no expuestos (17,7%), con un valor P unilateral de 0,006 (tabla 8).

Con el fin de obtener una medida ajustada del efecto de la exposición, se utilizó un modelo de regresión logística en el cual se consideró como evento la presentación de hipoacusia según el índice ELI y se incluyeron como covariables la edad, el sexo, el tabaquismo, el tiempo de residencia en la zona y los antecedentes de otitis media y de trauma craneal. Los resultados de dicho modelo, que figuran en la tabla 9, muestran una asociación positiva de la hipoacusia con la exposición, con una estima-

Tabla 9. Resultados de un modelo de regresión logística para la hipoacusia en adultos según el índice ELI

Variable	b	E.T.	Wald	g.l.	Valor P	Exp(b)	I.C. 95% para Exp(b)	
							Inferior	Superior
Exposición	0,339	0,154	4,844	1	0,028	1,403	1,038	1,897
Edad ^a			20,914	2	0,000			
Edad(1)	0,412	0,188	4,788	1	0,029	1,510	1,044	2,184
Edad(2)	0,871	0,192	20,670	1	0,000	2,389	1,641	3,478
Sexo ^b	0,609	0,158	14,883	1	0,000	1,839	1,349	2,506
Fumar ^c	0,328	0,168	3,845	1	0,050	1,389	1,000	1,929
Tiempo residencia ^d			5,976	2	0,050			
T. resid.(1)	-0,491	0,223	4,859	1	0,028	0,612	0,396	0,947
T. resid.(2)	-0,043	0,179	0,057	1	0,812	0,958	0,675	1,361
Otitis	0,362	0,193	3,526	1	0,060	1,436	0,984	2,096
Trauma acústico	0,188	0,186	1,013	1	0,314	1,206	0,837	1,738
Constante	-2,783	0,280	98,524	1	0,000	,062		

^a Se definieron tres categorías: 18-34, 35-49 y 50 y más años.

^b Se tomó el sexo femenino como categoría de referencia.

^c Se consideraron en una categoría los fumadores y los ex fumadores.

^d Se definieron tres categorías: 0-9, 10-19 y 20 y más años.

Tabla 10. Resultados de un modelo de regresión logística para la hipoacusia en adultos según el índice ELI extendido

Variable	b	E.T.	Wald	g.l.	Valor P	Exp(b)	I.C. 95% para Exp(b)	
							Inferior	Superior
Exposición	0,675	0,130	27,001	1	0,000	1,964	1,523	2,534
Edad ^a			28,898	2	0,000			
Edad(1)	0,439	0,152	8,326	1	0,004	1,550	1,151	2,089
Edad(2)	0,870	0,162	28,890	1	0,000	2,386	1,738	3,276
Sexo ^b	0,152	0,141	1,161	1	0,281	1,164	0,883	1,536
Fumar ^c	0,325	0,148	4,817	1	0,028	1,383	1,035	1,849
Tiempo residencia ^d			11,091	2	0,004			
T. resid.(1)	-0,598	0,180	11,048	1	0,001	0,550	0,386	0,782
T. resid.(2)	-0,292	0,152	3,695	1	0,055	0,747	0,555	1,006
Otitis	0,521	0,164	10,060	1	0,002	1,684	1,220	2,324
Trauma acústico	0,147	0,162	0,819	1	0,366	1,158	0,843	1,592
Constante	-1,355	0,231	34,526	1	0,000	0,258		

^a Se definieron tres categorías: 18-34, 35-49 y 50 y más años.
^b Se tomó el sexo femenino como categoría de referencia.
^c Se consideraron en una categoría los fumadores y los ex fumadores.
^d Se definieron tres categorías: 0-9, 10-19 y 20 y más años.

ción de la oportunidad relativa igual a 1,40 y un intervalo de 95% de confianza entre 1,04 y 1,90.

A partir de tales resultados se estimó la razón de las prevalencias de hipoacusia RP entre los expuestos y los no expuestos al ruido en 1,31 con un intervalo del 95% de confianza entre 1,03 y 1,60.*

Índice ELI extendido (en 6.000 hercios)

Se compararon además las distribuciones del índice ELI en la frecuencia de 6.000 hercios (ELI extendido) en los dos oídos. Definida la hipoacusia como una la disminución de más de 22 decibeles del umbral auditivo de cualquier oído, se comparó la prevalencia de hipoacusia en los expuestos con la de los no expuestos. La prevalencia estimada de hipoacusia en los expuestos (46,2%) fue significativamente mayor que la estimada en los no expuestos (30,8%), con un valor P igual a 0,000.

Con el fin de obtener una medida ajustada del efecto de la exposición, se utilizó un modelo de regresión logística en el cual se consideró como evento la presentación de hipoacusia y se consideraron como covariables la edad, el sexo, el tabaquismo, el tiempo de residencia en la zona y los antecedentes de otitis media y de trauma craneal. Los resultados obtenidos en dicho modelo, que figuran en la tabla 10, indican la existencia de una asociación positiva de la hipoacusia con la exposición, con una estimación de la oportunidad relativa de 1,96 y un intervalo de 95% de confianza entre 1,52 y 2,53.

A partir de tales resultados se estimó la razón de las prevalencias de hipoacusia RP entre los expuestos y los no expuestos al ruido en 1,51 con un intervalo de 95% de confianza entre 1,32 y 1,63.**

* Según los resultados, se asumió una prevalencia de hipoacusia en los no expuestos p₀ del 17,7% con un intervalo de 95% de confianza entre 14,7 y 20,7 por ciento.
 ** Según los resultados, se asumió una prevalencia de hipoacusia en los no expuestos p₀ de 30,8% con un intervalo de 95% de confianza entre 26,8 y 34,8%.

Tabla 11. Resultados de un modelo de regresión logística para la hipoacusia en adultos según el índice Larsen

Variable	b	E.T.	Wald	g.l.	Valor P	Exp(b)	I.C. 95% para Exp(b)	
							Inferior	Superior
Exposición	,419	,127	10,867	1	,001	1,520	1,185	1,949
Edad ^a			29,167	2	,000			
Edad(1)	,389	,148	6,906	1	,009	1,475	1,104	1,971
Edad(2)	,858	,159	29,146	1	,000	2,358	1,727	3,219
Sexo ^b	,326	,138	5,551	1	,018	1,385	1,056	1,817
Fumar ^c	,379	,146	6,767	1	,009	1,461	1,098	1,945
Tiempo residencia ^d			11,817	2	,003			
T. resid.(1)	-,601	,175	11,763	1	,001	,548	,389	,773
T. resid.(2)	-,297	,149	3,972	1	,046	,743	,555	,995
Otitis	,257	,163	2,490	1	,115	1,293	,940	1,778
Trauma acústico	,210	,159	1,745	1	,186	1,234	,903	1,686
Constante	-1,244	,224	30,760	1	,000	,288		

^a Se definieron tres categorías: 18-34, 35-49 y 50 y más años.

^b Se tomó el sexo femenino como categoría de referencia.

^c Se consideraron en una categoría los fumadores y los ex fumadores.

^d Se definieron tres categorías: 0-9, 10-19 y 20 y más años.

Índice Larsen

Con el fin de combinar los resultados observados en el índice Larsen de los dos oídos en una medida única, se definió como caso de hipoacusia aquel adulto con un valor de 1 o más en cualquier oído. Los resultados muestran una prevalencia de hipoacusia significativamente mayor en los expuestos (47,0%) que en los no expuestos (36,7%), con un valor P igual a 0,000.

Por medio de un modelo de regresión logística se estimó la asociación de la exposición con la hipoacusia según el índice de Larsen ajustada por edad, sexo, tabaquismo, tiempo de residencia en la zona y antecedentes de otitis media y de trauma craneal. Los resultados de tal modelo, que se muestran en la tabla 11, señalan la existencia de una asociación positiva de la hipoacusia con la exposición, con una oportunidad relativa estimada de 1,52 y un intervalo de 95% de confianza entre 1,19 y 1,95.

A partir de los resultados obtenidos en el modelo de regresión logística, se calculó un valor estimado de la razón de la prevalencia de hipoacusia

RP entre los expuestos y los no expuestos de 1,28, con límites de un intervalo de 95% de confianza de 1,11 y 1,39.*

Pérdida en el umbral auditivo en diferentes frecuencias

Se indagó, además, por la diferencia de la media de la pérdida del umbral auditivo entre los dos grupos comparados en las diferentes frecuencias evaluadas en la audiometría. En la tabla 12 se presentan los resultados obtenidos, junto con los de una prueba t de significación estadística para tal diferencia. Todas las diferencias mostraron una pérdida mayor en el umbral auditivo de los adultos expuestos y, con la única excepción de la diferencia correspondiente a la frecuencia de los 500 hercios en el oído derecho, todas fueron estadísticamente significativas.

Discusión

Los resultados obtenidos en las pruebas audiométricas que se realizaron en los escolares, de acuerdo con los índices ELI extendido y Larsen,

*** Según los resultados, se asumió una prevalencia de hipoacusia en los no expuestos p_0 del 36,7% con un intervalo de 95% de confianza entre 32,7 y 40,7 por ciento.

muestran un mayor deterioro auditivo en los expuestos, con prevalencias de hipoacusia que superan a las de los no expuestos, al menos en 43 y 15%, respectivamente. Por su parte, la prevalencia de hipoacusia en los escolares expuestos según el índice ELI en 4.000 hercios no difiere apreciablemente de la observada en los no expuestos.

En la muestra de adultos, las diferencias en la prevalencia de hipoacusia ajustadas por otros factores muestran un mayor deterioro auditivo en los expuestos al ruido. Según los intervalos de 95% de confianza para las razones de prevalencia de hipoacusia en términos de los índices ELI, ELI extendido y Larsen, la prevalencia de hipoacusia en los expuestos es superior a la de los no expuestos, al menos en 3, 32 y 11%, respectivamente. En el grupo expuesto, además, la pérdida media del umbral auditivo fue mayor que en los no expuestos, en todas las frecuencias sonoras evaluadas por la audiometría.

Más que la magnitud absoluta de las diferencias encontradas en la prevalencia de hipoacusia en los dos grupos comparados, es la consistencia

de las mismas la que se revela como un argumento a favor del efecto nocivo del ruido producido por el tráfico aéreo en la población de interés. Tal consistencia se aprecia a través de los hallazgos propios de los diversos índices utilizados en cada una de las poblaciones estudiadas y cuando se comparan los resultados observados en escolares y adultos, cuya similitud llama la atención.

Ante la evidencia de tal consistencia, los investigadores han indagado acerca de posibles fuentes de error en los datos mismos, en la manera como se obtuvieron o en el análisis que de ellos se hizo. Con respecto a los datos y a la manera como se obtuvieron, es preciso anotar que las pruebas fueron realizadas por profesionales competentes en su oficio y que los participantes fueron seleccionados aleatoriamente. Con respecto a la posibilidad de sesgos que invaliden el análisis, tres fuentes de error han sido de especial atención por parte de los investigadores: 1) la posibilidad de que las diferencias se deban, al menos en parte, a un mayor ruido producido por el tráfico automotor en la zona expuesta; 2) la posibilidad de que la diferencia encontrada en la

Tabla 12. Pérdida media en el umbral auditivo (dB) de los adultos en las diferentes frecuencias por exposición y prueba de significación estadística para la diferencia entre expuestos y no expuestos (ambos oídos)

Frecuencia (hercios)	Exposición	N	Oído derecho				Oído izquierdo			
			Media(dB)	Diferencia de medias	t	Valor P(unilateral)	Media(dB)	Diferencia de medias	t	Valor P(unilateral)
500	No	600	14,32	0,55	0,924	0,178	11,93	0,76	1,452	0,007
	Sí	600	14,87				12,69			
1.000	No	600	11,87	1,47	2,441	0,008	11,19	1,23	2,158	0,015
	Sí	600	13,34				12,43			
2.000	No	600	11,80	2,21	3,236	0,001	11,67	2,17	3,269	0,001
	Sí	600	14,01				13,83			
3.000	No	600	15,21	3,50	4,216	0,000	15,30	3,13	3,870	0,000
	Sí	600	18,71				18,43			
4.000	No	600	18,13	3,78	4,106	0,000	18,42	3,92	4,341	0,000
	Sí	600	21,91				22,33			
6.000	No	600	23,92	6,02	5,569	0,000	25,22	4,89	4,515	0,000
	Sí	599	29,93				30,11			
8.000	No	600	23,52	3,70	3,343	0,001	23,20	3,65	3,321	0,001
	Sí	599	27,21				26,85			

capacidad auditiva de los adultos se explique, al menos en parte, por efectos de tipo ocupacional; 3) la introducción de un sesgo debido a que la evaluación de la capacidad auditiva no se hizo en forma ciega por parte de quienes realizaron las audiometrías.

Con respecto a la primera posibilidad, los investigadores la descartan como fuente de error, pues en el estudio se tuvo la precaución de excluir aquellas zonas que, según la inspección directa, se mostraban como especialmente expuestas al ruido producido por el tráfico automotor. Con respecto a la segunda, hay que decir que aunque no fue posible controlar la variable ocupación por información directa, pues la información reunida fue insuficiente, tal sesgo no es plausible porque las muestras comparadas fueron seleccionadas aleatoriamente (lo que permite suponer una distribución similar de los antecedentes ocupacionales en las muestras comparadas) y porque las diferencias encontradas en los adultos fueron muy similares a las observadas en los escolares, grupo que no es susceptible de tal sesgo. Debe notarse, además, que los adultos participantes en el estudio audiométrico fueron predominantemente de sexo femenino (cerca del 75%), en quienes presumiblemente el sesgo introducido por el factor ocupacional es de menor importancia. Con respecto a la objeción de que se trata de una observación que no se hizo en forma ciega, debemos afirmar que, aunque no podemos descartarla totalmente dado que no fue posible asegurar que las fonoaudiólogas ignoraran la zona de procedencia de los participantes en el estudio, parece improbable que un sesgo de esta naturaleza sea responsable de la magnitud y de la consistencia de las diferencias observadas entre los expuestos y los no expuestos.

Por otra parte, con respecto a la validez de la información, llama la atención la coherencia de los hallazgos con asociaciones ya conocidas, como el mayor deterioro auditivo en personas de mayor edad —de sexo masculino y fumadoras—, concordancia que constituye un argumento a favor de la calidad de la información reunida. Una observación que apunta en el mismo sentido es la diferencia significativa hallada en un análisis complementario entre

la prevalencia de hipoacusia en los expuestos y en los no expuestos a partir de 3 años de residencia en la zona en los escolares y de 5 años en los adultos.

Las mayores diferencias en la prevalencia de hipoacusia observadas en la frecuencia de 6.000 hercios, tanto en los escolares como en los adultos, parecen confirmar hallazgos anteriores¹⁰ que indican que la pérdida de la capacidad auditiva se manifiesta inicialmente en las frecuencias que se encuentran por encima de la frecuencia de los 4.000 hercios, propia para la audición del lenguaje oral.^{15, 16}

Independientemente de la exposición, los resultados de la presente investigación muestran una alta prevalencia de deterioro de la capacidad auditiva en la población adulta estudiada. La prevalencia cruda de hipoacusia hallada en los escolares expuestos, de 10,9% según el índice ELI, es muy similar a la prevalencia estimada en los trabajadores expuestos a ruido industrial por encima de 85 decibeles en las empresas colombianas de Ecopetrol y Cerromatoso, de 10,7 y 10,8%, respectivamente.^{10, 13} Por su parte, la pérdida de 35,6% de los escolares en el umbral auditivo de 25 decibeles o más en cualquiera de las frecuencias agudas supera la prevalencia de 24,8%, estimada recientemente en trabajadores expuestos al ruido en la empresa Cerromatoso.¹³ Por su parte, las elevadas estimaciones obtenidas de la prevalencia de hipoacusia entre los no expuestos (de 30,8% según el índice ELI extendido y de 36,7% según el índice Larsen) deben ser motivo de atención por parte de las instituciones cuya responsabilidad es velar por la salud pública de la población colombiana. En una observación casual de las condiciones cotidianas que se dan en la zona estudiada, se aprecian muy altos niveles de ruido ambiental, lo que presumiblemente está afectando a la población.

Otros dos hallazgos particulares son dignos de mención y se refieren a la asociación estimada entre la exposición al ruido del tráfico aéreo y la hipoacusia en los adultos por sexo y por localidad. Con respecto a la primera variable, se debe anotar que un análisis de regresión logística similar al descrito anteriormente produjo estimaciones similares de la oportunidad relativa de la prevalencia de hipoacusia en hombres y en mujeres según los ín-

dices ELI, ELI extendido y Larsen, cuyos valores fueron 1,44 y 1,40, 1,80 y 2,09, 1,34 y 1,61, respectivamente; con respecto a la localidad, el mismo análisis produjo estimaciones de la oportunidad relativa que, en el orden indicado y para las localidades de Engativá y Fontibón, fueron de 1,30 y 1,46, 2,23 y 1,88, 1,72 y 1,39, respectivamente. Los resultados obtenidos con el mismo modelo muestran que tales diferencias no fueron estadísticamente significativas, lo que indica que el efecto de la exposición es similar en hombres y en mujeres y en las dos localidades.

Aunque por tratarse de un estudio observacional de prevalencia no es posible demostrar con certeza que las diferencias encontradas en la capacidad auditiva entre los expuestos y los no expuestos se deben al ruido producido por el tráfico aéreo del aeropuerto El Dorado, ellas son un argumento importante a favor de que dicho factor de riesgo está produciendo efectos restrictivos en la capacidad auditiva de la población expuesta. En consecuencia, aunque las entidades responsables han tomado algunas medidas para mitigar los niveles de ruido, es necesario que se mejoren las medidas de prevención y de control de tal factor de riesgo.

Agradecimientos

Los autores expresan su agradecimiento al doctor Jorge Humberto Mejía, coordinador de las labores de campo; a la doctora Mary Reina, que dirigió la evaluación auditiva a cargo de la empresa Tecca y Acoustic Ltda.; a la doctora Ángela Silva, que dirigió la evaluación psicológica a cargo del Subcentro de Seguridad Social y Riesgos Profesionales de la Pontificia Universidad Javeriana; a la socióloga María Esther Chacón, que realizó los contactos comunitarios; a Diego Mauricio Montoya, asistente de las labores de campo; a los Ministerios de la Protección Social y del Ambiente; a la Secretaría Distrital de Salud; al Departamento Administrativo del Medio Ambiente; a la Aeronáutica Civil; a los establecimientos educativos y alcaldías locales; a los líderes comunitarios; y a las Juntas de Acción Comunal y demás instituciones que hicieron posible la realización del estudio. En particular, agradecen a las personas que

participaron activamente en las diferentes pruebas del mismo.

Bibliografía

1. Berglund B, Lindvall T (eds.). Community noise. Arch Cent Sensory Res 1995;2(1):1-195.
2. Health Council of the Netherlands. Committee on Noise and Health. Noise and health. The Hague: Health Council of the Netherlands; 1994. (Publication No. 1994/15E).
3. Passchier-Vermeer W. Noise and health. The Hague: Health Council of the Netherlands; 1993. (Publication No. A93/02E).
4. Ising H, Rebentisch E. Comparison of acute reactions and long-term extra-aural effects of occupational and environmental noise exposure (abstract). In: Vallet M, editor. Proceedings, 6th International Congress on Noise as a Public Health Problem. Vol. 3, Noise, INRETS 1993; 280-287.
5. Holland WW, Heathrow Association for the Control of Aircraft Noise. HACAN proof of evidence. Noise and health. London: HACAN; June 1997.
6. Checkoway H, Pearce N, Crawford-Brown DJ. Research methods in occupational epidemiology. New York: Oxford University Press; 1989.
7. Londoño JL. Metodología de la investigación epidemiológica. 3^a ed. Bogotá: El Manual Moderno; 2004.
8. Consorcio IGA-EPAM Ltda. Bogotá; 1998.
9. Rendón ID, Muñoz AL, Estrada RJ, Ramírez MK, Correa AM. Umbrales auditivos en la frecuencia de 4.000 cps en la población colombiana no expuesta a ruido industrial. Cali: Universidad de Antioquia. Facultad Nacional de Salud Pública, Instituto de Seguros Sociales; 1996.
10. Londoño JL, Restrepo H, Corrales AM, Mendoza F, Ortiz J. Hipoacusia neurosensorial por ruido industrial y solventes orgánicos en la Gerencia Complejo Barrancabermeja 1977-1997. Rev Fac Nac Salud Pública 1997;15(1):94-120.
11. Suratep ARP. Sistema de vigilancia epidemiológica para la conservación auditiva. Medellín: Suratep; 1998.

12. Hermann ER. An epidemiological study of noise. En: Congreso Internacional de Salud Ocupacional (16: 1973: Madrid).
13. Restrepo H, Rojas P, Tangarife C. Salud auditiva de los trabajadores de Cerromatoso S.A. Medellín: Impresos Ltda., 2002.
14. Kleinbaum DG, Kupper L, Morgenstern H. Epidemiologic research. Belmont, CA: Lifetime Learning; 1982.
15. Bergstrom B, Nystrom B. Development of hearing loss during long-term exposure to occupational noise. Scand Audiol 1986;15:227-234.
16. Bedoya M, González C, Wills BA. Bases para un sistema de vigilancia epidemiológica para la conservación auditiva. Medellín: Instituto de los Seguros Sociales; 1995.