

# Relación entre ruido por carga vehicular, molestia y atención escolar en estudiantes de nivel básico de la ciudad de Toluca 2004

Martha Elva Campuzano González\*, Lilia Patricia Bustamante Montes\*, Miguel Angel Karam Calderón\* y Ninfa Ramírez Durán\*

Recepción: 25 de agosto de 2008

Aceptación: 6 de octubre de 2009

\* Facultad de Medicina, Universidad Autónoma del Estado de México, México.

Correos electrónicos: mcampuzanog@hotmail.com; patriciab@yahoo.com.mx; zanoniangel@yahoo.com y ninfard@hotmail.com

**Resumen.** Dos escuelas públicas de la ciudad de Toluca con diferente afluencia vehicular fueron seleccionadas para el estudio. Se realizaron medidas internas y externas de los niveles de ruido; los niveles de ruido encontrados sobrepasan los recomendados por la OMS. Se aplicaron dos test de atención a los alumnos de las escuelas. El nivel de atención fue mejor para la escuela con menos tránsito. En el personal de ambas escuelas hubo molestia causada por el ruido vehicular.

**Palabras clave:** efectos del ruido en la salud, efectos mentales del ruido, atención escolar de los alumnos.

## **Vehicular Relationship Between Noise Per Load, Discomfort and Scholastic Attention in Students of Basic Level in the City of Toluca 2004**

**Abstract.** Two public schools of Toluca city with different vehicular influx were selected for study. The external and internal levels of sound were measured, the levels of sound found overpass WHO's recommendation. Attention test were applied to the students; the results were better for the school with less traffic. In both schools the staff was disrupted due to traffic noise.

**Key words:** noise and health, mental effects of the noise, scholastic attention of the students.

## **Introducción**

Los altos niveles de ruido alrededor de las escuelas son frecuentes. Para Niemann (2006), la mayor fuente de molestia en el medio ambiente de muchas ciudades europeas proviene del ruido del tráfico. La fuente productora de ruido más importante alrededor de las escuelas urbanas es debido al tránsito vehicular (Morales, 1993). El ruido interno es producido por las actividades normales de los alumnos y de los profesores (Sanz, 1993; Shield, 2004). Las condiciones de los edificios, particularmente el aislamiento acústico, pueden determinar substancialmente los niveles de ruido dentro de los salones de clase (García, 1988). Como el aprendizaje depende básicamente de una buena comunicación entre los maestros y los alumnos, el nivel sonoro dentro de las aulas que rebasa en 10 dBA la intensidad sonora de la voz, perturba la comunicación, provocando

frecuentes interrupciones en la enseñanza (López, 1994) (Yang, 2006). Por otro lado, una alta intensidad de ruido provoca "molestia" considerada mayor en los maestros, que en los alumnos (García, 1992). La mayoría de los estudios sobre ruido se encuentran dirigidos a los efectos producidos por el tráfico aéreo e industrial. En México, no se encontró ningún estudio referente al tránsito vehicular y su asociación con la atención escolar y/o molestia.

La contaminación por ruido proveniente del tránsito rodado es un problema de las grandes ciudades, las escuelas en nuestra comunidad, se construyen pensando en el número de población a cubrir, lo que lleva a una ampliación de las vías de comunicación, y por consiguiente un aumento en el tránsito rodado.

En Toluca, el ingreso a las escuelas oficiales se determina por el domicilio de los menores, de tal suerte que el nivel socioeconómico de ambas escuelas fue similar.

El presente estudio evaluó los posibles efectos del ruido del tránsito vehicular sobre los niveles de atención en los alumnos y la molestia tanto en ellos como en sus profesores. Se estudió a los alumnos de dos escuelas primarias, una localizada en un sitio con gran afluencia vehicular y otra con menos.

## 1. Material y métodos

Dos escuelas primarias en la ciudad de Toluca, México: Benito Juárez García (BJ) e Ignacio Zaragoza (IZ), fueron seleccionadas, de acuerdo con los siguientes criterios: a) ambas son escuelas públicas y b) el flujo del tránsito vehicular es sustancialmente diferente.

Tres salones diferentes en cada escuela fueron seleccionados, de 4°, 5° y 6° años. Las edades de los menores estuvieron comprendidas entre los 8 años 9 meses y los 12 años 6 meses. Se enviaron cartas de consentimiento-informado a los padres de los menores de los grupos seleccionados para que dieran su aprobación de ser tomados en cuenta para el estudio. El nivel de ruido de ambas escuelas fue cuantificado mediante el método utilizado por la Secretaría de Ecología del Estado, ajustada a la Norma Oficial Mexicana NOM-081-ECOL-1994. Se efectuaron mediciones en las fachadas (ruido externo) y dentro del salón de clases (ruido interno) de cada escuela, durante una semana laboral (5 días consecutivos) en cada escuela. Tomando como ruido externo el originado por vehículos rodados, es decir,

**Cuadro 1.** Estimación del tránsito vehicular/hora por la calle principal de ambas escuelas.

	Benito Juárez	Ignacio Zaragoza	Razón (BJ/IZ)
Automóviles	6 031	789	7.6
Autobuses	338	2	169.0
Vehículos pesados	216	48	4.5
Total	6 585	839	–

**Cuadro 2.** Comparación de las medias de los niveles sonoros equivalentes (dBA) entre las aulas con ventanas abiertas y cerradas.

Variable	Media (DE)		t	p
	BJ	IZ		
<b>Ventanas cerradas</b>				
4° Año	64.5 (4.6)	66.8 (4.8)	-0.79	0.45
5° Año	65.7 (3.4)	62.7 (5.8)	1.002	0.34
6° Año	71.0 (4.20)	62.0 (2.3)	4.16	0.003
<b>Ventanas abiertas</b>				
4° Año	72.1 (5.0)	75.6 (8.3)	-0.79	0.45
5° Año	73.6 (4.4)	70.2 (3.9)	1.30	0.23
6° Año	78.3 (4.0)	67.1 (4.1)	4.43	0.002

BJ: Benito Juárez, IZ: Ignacio Zaragoza.

**Cuadro 3.** Comparación de medias del nivel sonoro equivalente (Leq/min) en las fachadas de las escuelas.

Escuela	media	DE	t	p	IC 95%
Benito Juárez	83.2	1.5	9.6	<0.0001	81.4; 85.1
Ignacio Zaragoza	76.5	0.5	–	–	75.9; 77.2

vehículos automotores de cualquier clase (Torras, 2003). Los niveles de ruido en dB(A) fue medido con un sonómetro Brüel and Kjaer (BK2230) –el cual proporciona los valores de ruido en decibelios A–, durante el horario de clases matutino, esto es entre las 8 y 13 h en los cinco días hábiles de la semana del 12 al 16 y del 19 al 23 de abril. Alrededor de las escuelas las medidas de ruido fueron hechas con una distancia entre cada punto no menor de 3 m, obteniendo para la escuela IZ un total de 16 puntos, y para la BJ 19 puntos. Se tomaron 5 medidas de un minuto de duración en cada punto, cada día del estudio, con intervalo de una hora cada uno (8, 9, 10, 11 y 12 h), con el propósito de abarcar horas pico. En cada salón seleccionado para el estudio, se tomaron tres puntos en forma diagonal a la puerta del salón, tomando en cada punto dos medidas diarias por cinco días en el momento del descanso de los alumnos y profesores (recreo), una con las ventanas abiertas y otra con las ventanas cerradas, siempre con los niños fuera del salón, con el propósito de evitar el ruido de la convivencia.

Del test Wisc-R-Español, se tomaron dos subtest: el de “claves y códigos” y el de “retención de dígitos”.

Ambos miden la atención de los menores; el primero consiste en descifrar unas claves para realizar dibujos, y el segundo consiste en repetir una serie de números de menor a mayor grado de dificultad, iniciando por tres cifras, hasta llegar a 9; en un primer intento en el orden escuchado y en un segundo intento en orden inverso. Estas pruebas fueron realizadas a la misma hora en las escuelas, con las ventanas abiertas y fueron aplicados por psicólogos, mientras se hacía la medición del ruido

Por otro lado, fuera del salón de clases y mientras se llevaba a cabo la medición de ruido se aplicó el último día de la semana un cuestionario de “molestia” subjetiva al ruido, tanto a los menores implicados en el estudio, como a la plantilla laboral de los profesores de cada escuela.

## 2. Resultados

El número de vehículos, entre las escuelas tuvo una razón de 169: 1 para autobuses y de 4.5: 1 a vehículos pesados (redilas, trailers) (cuadro 1).

El nivel de ruido observado en la escuela expuesta (BJ), tuvo una media de 83.2 dB(A), mientras que la (IZ) fue de 76.5, en las fachadas; dentro de las aulas se obtuvieron niveles de 64.5 dB(A) con ventanas cerradas y de 72.1 dB(A) con ventanas abiertas para la escuela expuesta. En ambas se rebasaron los

niveles recomendados por la OMS (de 45 dB(A)) tanto en el exterior, como dentro de las aulas (cuadros 2 y 3). Los autobuses originaron picos de hasta 90 dB(A).

### 3. Atención escolar

Se compararon las puntuaciones de los test entre el mismo grado escolar de ambas escuelas. Los resultados del test de WISC-R-Español fue superior en la escuela IZ 4° y 5°, siendo esta diferencia en ambos casos estadísticamente significativa,  $p = 0.004$  y  $p = 0.0005$ , respectivamente. Sin embargo para 6° la puntuación fue muy similar en ambas escuelas. De la misma manera, las puntuaciones obtenidas con el test de claves y códigos fueron superiores en la escuela IZ que en la BJ para los grupos de 4° y 5°, siendo esta diferencia estadísticamente significativa para 5° ( $p < 0.001$ ). Los grupos de 6° en ambas escuelas mostraron puntuaciones muy similares (cuadro 4).

Las puntuaciones obtenidas con el test de repetición de dígitos fue superior en la escuela BJ, siendo esta diferencia estadísticamente significativa para el grupo de 5° ( $p = 0.02$ ) (cuadro 5).

Se realizó un análisis de regresión lineal múltiple para estudiar la asociación entre los diferentes test de atención escolar (test de WISC-R-Español, subtest de claves y códigos y subtest de repetición de dígitos) y la exposición a ruido, utilizando la escuela como variable indicadora de la exposición a ruido, los modelos se ajustaron por edad del niño. Los resultados se muestran (cuadro 6).

La sensación de molestia fue similar en ambas escuelas tanto para los profesores, como para los alumnos. Por otro lado, los alumnos de la escuela no expuesta consideran al ruido como un factor contaminante en una proporción del 81.2%, contra un 44.6% de la escuela expuesta.

### Conclusión

El número de vehículos cuantificado en cada escuela tuvo una razón de 7.8:1; la diferencia en el nivel de ruido en las fachadas es altamente significativo estadísticamente, tomando en

cuenta que las mediciones son logarítmicas y se encuentran directamente relacionadas con la intensidad del tránsito rodado. El nivel de atención escolar fue ligeramente mejor para la escuela no expuesta, siendo estadísticamente significativo para los de 5°, no así para 6°, donde la escuela expuesta obtuvo mejor puntaje.

El nivel de ruido detectado en las aulas, con las ventanas tanto cerradas como abiertas tiene diferencia estadísticamente significativa en las de 6° grado.

**Cuadro 4.** Comparación de medias en el test de WISC-R-Español, subtest de repetición de dígitos y subtest de claves y códigos, entre ambas escuelas.

Variable	Media (DE)		t	p
	BJ	IZ		
Subtest de claves y códigos	9.21 (2.54)	10.69 (3.51)	-2.94	0.003
Subtest de repetición de dígitos	8.45 (2.54)	7.66 (2.78)	1.85	0.060
Test WISC-R-Español	17.41 (3.69)	18.20 (4.49)	-1.19	0.230

BJ: Benito Juárez, IZ: Ignacio Zaragoza

**Cuadro 5.** Comparación de medias obtenidas por grado escolar en el test de WISC-R-Español, Subtest de repetición de dígitos, subtest de claves y códigos.

Variable	Media (DE)		t	p
	BJ	IZ		
Subtest de claves y códigos				
4° Año	9.35 (2.06)	10.69 (3.32)	-1.370	0.1800
5° Año	8.62 (2.47)	11.56(3.83)	-3.630	0.0005
6° Año	9.87(2.80)	9.43(2.90)	0.055	0.5900
Subtest de repetición de dígitos				
4° Año	8.86 (2.51)	8.28 (3.14)	0.60	0.55
5° Año	8.48 (3.09)	6.93 (2.52)	2.31	0.02
6° Año	8.17 (1.72)	8.11 (2.57)	0.10	0.91
Test WISC-R-Español				
4° Año	17.21(3.98)	18.96(4.84)	-1.17	0.24
5° Año	17.00(3.99)	18.49(4.64)	-1.40	0.17
6° Año	18.04(3.15)	17.00(3.72)	1.06	0.29

BJ: Benito Juárez, IZ: Ignacio Zaragoza

**Cuadro 6.** Análisis de regresión múltiple de las pruebas de atención escolar (del test de WISC-R-Español: Subtest de repetición de dígitos, subtest de claves y códigos), escuela y otros predictores, en escolares de primaria.

Variable	β	SE	95% IC	p	R <sup>2</sup>
Test WISC-R-Español					
Escuela†	-0.52	0.69	( -1.88; 0.85)	0.460	
Edad	-1.04	0.33	( -1.69; -0.38)	0.002	7.1%
Constante	24.29	4.70	(14.99; 33.58)	0.000	
Subtest de repetición de dígitos					
Escuela†	1.03	0.42	( 0.20; 1.86)	0.020	
Edad	-0.67	0.21	( -1.07; -0.26)	0.002	8.5%
Constante	14.68	2.19	(10.35; 19.01)	0.000	
Subtest de claves y códigos					
Escuela†	-1.32	0.51	( -2.32; -0.32)	0.010	
Edad	-0.45	0.25	( -0.94; 0.04)	0.071	5.8%
Constante	15.45	2.63	(10.25; 20.66)	0.000	

† Nivel de referencia escuela Ignacio Zaragoza ("escuela no-expuesta")

## Discusión

El número de vehículos rodados fue desproporcional entre las escuelas, llegando a producir hasta 90 dB(A), en la escuela expuesta, con una razón de 169: 1 para los autobuses, y de 4.5:1 para los vehículos pesados, alcanzando una media de 6 585 vehículos por hora en la escuela expuesta, y de 839 para la no expuesta, lo que se refleja en los niveles de ruido tanto en las fachadas como en los salones de clase. Los resultados coinciden con lo reportado por Mendoza (2002), el ruido producido por el transporte rebasa los límites permitidos por la OCDE, aún para carreteras donde marca máximo entre 65 y 70 dB(A) durante el día y los recomendados por la OMS, aún para las zonas fabriles, mismos que fueron rebasados por la media de la escuela expuesta en el aula de 6° año con ventanas cerradas y en todas las aulas con ventanas abiertas (hasta 78.3dB(A)).

La repetición de dígitos para el 5° año, tuvo una diferencia estadísticamente significativa a favor de la escuela expuesta, que probablemente se deba a la influencia del ruido que les permite permanecer en estado de alerta constante.

La molestia es mayor para los profesores que para los alumnos, dato que concuerda con Niemann *et al.*, sin embargo, llama la atención la diferencia de las proporciones de molestia entre los alumnos, ya que en la escuela expuesta su percepción a la molestia es del 44.6%, contra el 81.2% para la escuela no expuesta, dato que concuerda con los efectos del ruido: hay acostumbramiento.

## Sugerencias

El ruido como contaminante ambiental ha sido legislado en la comunidad europea, en nuestro país se han hecho estudios sobre ruido fabril y en carreteras sin embargo, poco se ha estudiado sobre los efectos en la salud y en el proceso de comunicación a nivel escolar. Los niveles auditivos encontrados en las escuelas tienen picos de hasta los 90 dB(A).

Sería muy interesante realizar el mapeo de ruido en las zonas escolares universitarias, ya que varias de éstas se encuentran rodeadas de grandes avenidas con alto tránsito vehicular.

ergo

## Bibliografía

- Bohrer (1999). "PS. Effects of Noise Pollution", [Serial on line] <<http://www.sonic.net/~scma/scp/scp970506/bohrer.html>>
- Bronfman, M.; H. Guisacafre; V. Castro; G. Gutiérrez (1988). *II Medicina de la desigualdad. Una estrategia metodológica. Análisis de las características metodológicas de la muestra*, México. *Arch. Invest. Med.* 19.
- García, A.; J. L. Miralles; A. M. García y M. C. Sempere (1990). *Community Response to environmental Noise in Valencia*. Environmental Internacional. 16.
- García, A.; A. García y J. Romero (1993). "Effets of Enviromental Noise in Spanish School", *England. Acoustics Bulletin*.
- García, A.; J. Romero A.M. García y L.J. Faus (1992). "A Survey on the Acoustical Conditions in Spanish Secondary School", *Journal de Physique IV*. Avril 2: C1.
- García, A. (1994). *Efectos del ruido sobre la salud en la contaminación sonora, Evaluación, efectos y control*. Simposium. Valencia.
- García, G. A. (1992). "Los efectos del ruido sobre la salud. Master de Sanidad Ambiental". Tesis. Valencia. España. Universidad de Valencia y Universidad Internacional Menéndez Pelayo.
- García, G. A. (1994). "Efectos del ruido sobre la salud", en Fundación Bancaja. *Conferencia*; octubre 4. Valencia, España.
- García, R. A. (1994). *Estudio del ruido ambiental en la comunidad de Valencia*. Valencia Conselleria de Medi Ambient Generalitat Valenciana.
- Grrini, D. (2000). "Estudio descriptivo: conciencia acerca del ruido", en Landstrom J.; A. Kjellverg; y M. Bystrom (1995). *Acceptable Levels of Tonal and Broad Band-band Repetitiv and Continious Sounds During the Perfomance of Nanauditory Tasks: Perceptmo-skills*. USA. dec.; 81 (3Pt1): 803-16.
- Langdon, F. J. (1976). "Noise Nuisance Caused by Road Traffic in Residential Areas: Part I". *Sound Vib.* 47.
- Lara, A. (1994). "Acústica y medio ambiente", en Fundación Bancaja. *Conferencia*; mayo 31, Valencia, España.
- López, B. I. (1997). "Medio ambiente y salud. Impacto del ruido", *Papeles del psicólogo*. España. Feb.: 67.
- Sanz, S. (1987). *El ruido*. Madrid. MOPU.
- López, L. (1994). "Efectos del ruido ambiental en la población escolar", en Fundación Bancaja. *Conferencia*, nov. 22, Valencia, España.
- Llopis, G. A.; G. A. García y R. A. García (1989). "Alteraciones del sueño producidas por el ruido ambiental", *Gaceta Sanitaria*, Vol. 12, Núm. 3. Mayo/junio.
- Mendieta, R. (1993). "El ruido daña a la salud", *Armonía Ecológica*. Glaxo. México.
- Mendoza S. J.; P. M.; Flores P. M.; G. R. Téllez y Ch. O. Rascón (2002). "El impacto ambiental

- de ruido generado por el transporte carretero y su valoración hacia un transporte sustentable”, *Instituto Mexicano del Transporte*. Pub Téc. No. 187. México.
- Morales, S.V.; G. A. Llopis; G.P. Cotanada; G. A. García y R. A. García (1992). “Evaluación de los efectos del ruido ambiental sobre los residentes del Centro Histórico de Valencia”, *Rev San Hig Pub*: 66.
- Morales, S. V.; G. A. Llopis; A. C. Masso y C. E. Ferrer (1993). Noise in the City of Valencia: Its relation to Other Air Level Contaminants. *JEPTO*; Vol. 12, Núm. 2.
- Niemann, X. B.; M. Braubach; K. Hecht; C. Mascke; C. Rodríguez y N. Röbbel (2006). “Noise –induced Annoyance and Morbidity Results from the Pan European LARES Study”, *Noise and Health*, Apr-Jun, Vol. 8, Núm. 31.
- Noise in Hospitals (1963). An Acustical Sstudy of Noises Affecting the Patient and Medical Facilities. Washington D. D.
- Ochoa C. (1993). Contaminación por ruido.El control que ahorra energía. *Información Científica y Tecnológica* 01/03/. Ed. Ord. Vol. 14, Núm. 198.
- OMS (Organización Mundial de la Salud) (1983). Criterios de Salud Ambiental 12 Servicio de Publicaciones y Documentación. ops/oms. México.
- Ortega, B. M. y M, J. M Cardona (2005). "Metodología para la evaluación del ruido ambiental urbano en la ciudad de Medellín", *Revista de la Facultad Nacional de Salud Pública*, Núm. Julio-Diciembre.
- Rabinowitz, J. (1990). *Los efectos fisiológicos del ruido*. España, Mundo Científico Núm. 112, Vol. II.
- Rodríguez, G.; M. Melguizo y M. Yopez (1994). *Tamizaje de falla auditiva en escolares de Medellín Colombia*. 1993, Salud Pública, México. 36.
- Rodríguez, J. y J. Torres (1994). *Fundamentos acústicos para la evaluación de los niveles máximos permisibles de la contaminación por ruido*. I Reunión Nacional sobre Salud y Ambiente en la Ciudad de México. México. Memorias. A. C. 1989.
- Sanz, S.A.; A.M. García y A.García (1993). “Road Traffic Noise Around Schools: a Risk for Pupils Performance?”, en *International Archives of Occupational and Environmental Health*. Valencia, España. Vol. 65.
- Schlesselman, J. J. (1982). *Cases-control studies: Desing, conduct Analisis*. Oxford University Press, New York.
- Seara, G. (1989). “Efectos no auditivos del ruido”. 1er. Congreso Argentino en Patología del Trabajo. Actas. A. C.
- Shield, B. y J. E. Dockrell (2004). “External and Internal Noise Surveys of London Primary Schools”, *J. Acoust. Soc. Am*. Vol. 115, Núm. 2.
- WHO (1999). Good health promotes –Development promotes health Jan Available from: <<http://www.who.org/aboutwho/en/good.htm>>
- WHO (1998). Healthy Cities Project Dec Available from: <<http://www.who.org/aboutwho/en/good.htm>>
- Yaffe, Ch. (1961). *Noise and Hearing*. VS. Department of Health Education. United States Government. Printing office Washington.
- Yang, W.; M. Hodgson (2006). “Auralization Study of Optimum Reverberation Times for Speech Intelligibility for Normal and Hearing-impaired Listeners in Classrooms with Diffuse Sound Fields”, *J. Acoust. Soc. Am.*; 120 (2): 801-7, 2006 Aug.
- Zamora, ChS. (1994). “Traumatismo acústico (en audiometría) en pilotos de helicóptero del escuadrón aéreo de búsqueda y rescate 209”, *Revista de Sanidad Militar*. México.



La Revista CIENCIA ergo sum

Felicita a los doctores

*Nazario Pescador Salas*

y

*Alfonso Tracheta Cenecorta*

Dictaminadores y autores de nuestra revista, por haber obtenido el Premio Estatal de Ciencia y Tecnología en reconocimiento a su trayectoria de investigación.

