

La contaminación ambiental por ruidos de muy bajas frecuencias: Un estudio de campo¹

Ana M. Verzini*, Carlos A. Frassoni⁺ y Aldo H. Ortiz^{*}

*Centro de Investigación y Transferencia en Acústica,

⁺Universidad Tecnológica Nacional,

Córdoba, Argentina

Resumen

Estudio interdisciplinario de campo sobre los efectos producidos por la exposición a ruidos de bajas frecuencias (RMBF) (hasta 160 Hz) generados por equipos de aire acondicionado maquinarias de fábrica y tránsito vehicular. Sus *objetivos específicos* fueron determinar: 1) zonas caracterizadas por la presencia de los ruidos arriba mencionados y 2) si los habitantes de dichas zonas: a) referían molestia o efectos nocivos relacionados con el ruido; b) la evaluación subjetiva de los mismos y c) variables moderadoras intervinientes. Se realizaron mediciones del ruido frente a las viviendas de los 98 voluntarios encuestados en las 3 zonas. Los resultados de las correlaciones y los ANOVAs mostraron que: a) había una relación entre los niveles sonoros de las bajas frecuencias y los juicios subjetivos sobre los ruidos y también con sus efectos; b) las variables nivel educacional y el socioeconómico, apoyo social, satisfacción con la vida, ansiedad y sensibilidad al ruido podrían estar actuando como variables moderadoras con respecto a las reacciones a los ruidos y c) además del nivel sonoro las características de los ruidos estarían influyendo en esas reacciones.

Palabras clave: Contaminación por ruido, ruido de muy bajas frecuencias, estresores de fondo, efectos del ruido, variables moderadoras.

Low Frequency Noise Pollution: a Field Study

Abstract

A field interdisciplinary research study was carried out concerning the effects of low frequency noise (frequencies below 160 Hz) -

¹ Investigación subsidiada por el Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas de Argentina.

generated by air conditioning equipment, factory machines and traffic- on people. The specific aims were: 1) to determine zones in the city characterized by the noises above mentioned, and 2) with respect to the inhabitants of these zones, to determine: a) if they were annoyed or the noises had noxious effects on them; b) their subjective evaluation of the noises and c) the modulating variables of their reactions. Noise measurements were carried out in front of the houses of the 98 volunteers surveyed. The correlations and the ANOVAs results showed that: a) there was a relationship between the low frequency noise levels measured and the subjective judgments regarding the noises as well as their effects; b) the following variables: educational and socioeconomic level, social support, life satisfaction, anxiety and sensibility towards the noises in general, could have moderated subjects' reactions towards the noises, and c) noise characteristics as well as noise level would have influenced their reactions.

Key words: noise pollution low frequency noise, background stressors, noise effects, moderator variables

Introducción

Los investigadores en general coinciden en afirmar que en los ambientes modernos existe cada vez mayor cantidad de estresores potenciales, pero que debido a la escasez de estudios longitudinales sobre el tema su incidencia en la salud es difícil precisar. Tan es así que la World Health Organization (1995) es prudente cuando se refiere a los principales efectos negativos del ruido ambiental mencionando molestia, perturbaciones en la comunicación, descanso, sueño, bienestar y calidad de vida. Sin embargo, la noción de que el ruido es riesgoso para la salud deriva de los ya conocidos modelos relacionados con el estrés.

El presente trabajo es un abordaje interdisciplinario para estudiar los efectos producidos por los ruidos de muy baja frecuencia (RMBF) considerados por Benton y Leventhall (1994) dentro de los denominados *estresores de fondo*, definidos como eventos repetitivos y persistentes, que pueden formar parte rutinaria de la vida diaria, cuyos efectos son crónicos más que agudos resultando de una exposición prolongada. Precisamente, en los últimos años, los investigadores han comenzado a prestar mayor atención a este tipo de ruidos en función de ciertas quejas manifestadas por las personas, cuyas características son diferentes a las producidas por frecuencias de ruido más altas, constituyéndose así en un

capítulo especial en el problema de la contaminación ambiental por ruido, su impacto sobre la salud, desenvolvimiento y calidad de vida del ser humano.

Benton (1997) considera que un rasgo fundamental de los RMBF es la *intrusividad* y es ésta la cualidad base para las respuestas de molestia dentro de cada ambiente. Afirma que la cuantificación del rango y de la interacción entre las variables activas dentro de tales ambientes de ruido ha probado ser un desafío continuo, pero que bien puede representar el método más efectivo de establecer las bases interactivas y psicofísicas de la molestia por ruido.

Benton y Leventhall (1986) afirman que cuando un RMBF es de igual fuerza sonora que otros ruidos, tiende a ser calificado como más molesto. Esto sugiere que por alguna razón el carácter de los RMBF es considerado por la gente como más difícil de ignorar o atenuar. La falla de atenuación conduciría a una reducción de la habilidad para controlar el impacto que un estímulo podría tener cuando podría también conducir a una deshabitación. Está bien documentado que los individuos que sufren molestia por RMBF lo describen como omnipresente, que no puede ser ignorado, que es peor adentro del ambiente que afuera, que no se puede localizar. Es probable que tales quejas indiquen una falla en el proceso *sensorio - cognitivo* para habituarse a la señal. Es el carácter del estímulo, en el que se combinan fuerza sonora y frecuencia, definido con relación a los límites operacionales del proceso de codificación, el que produce la representación del *input* sensorial dentro del dominio subjetivo y es de las características de las combinaciones de donde surgen las dificultades. Benton (1991), destaca la importancia de la atención selectiva cuya función es proteger la limitada capacidad de procesamiento cognitivo de los individuos, lo que no resulta simplemente del hecho de cerrar un canal que contenga información no deseada, resaltando en este punto la importancia de los requerimientos de la tarea realizada por los individuos (Benton y Leventhall, 1986). La falla en este proceso podría producir ansiedad y estrés (Benton, 1991). Estos conceptos indican la complejidad del tema y de la interacción de las variables que intervienen en la producción de molestia y otros efectos con relación a estos ruidos, dentro de las cuales estarían incluidas una serie importante de variables personales y ambientales.

En estrecha relación con los conceptos anteriores y con la necesidad de realizar investigación sobre el tema dos aspectos adicionales son importantes de considerar. El primero de ellos, es la facilidad de propagación de estas ondas sonoras y las dificultades que presenta su absorción y/o atenuación. El segundo, es que las legislaciones vigentes en nuestro país no contemplan los tipos de mediciones, ni la utilización de instrumentos o técnicas que permitan detectar la presencia de este tipo de ruidos y por consiguiente proteger a los ciudadanos de las consecuencias de su exposición.

Muchas de las demandas sobre problemas de ruido, provienen de las RMBF, provocados por diversas fuentes, tales como por equipos de ventilación de los grandes emprendimientos comerciales, tránsito vehicular, industrias y música de discotecas. Persson y Rylander (1991) afirman que ha sido demostrado que las quejas por ruidos de RMBF constituyen una mayor proporción entre el total de las 284 quejas por ruidos que fueron hechas a las autoridades de Salud y Ambiente en Suecia. Asimismo, Tempest (1989), informa que en toda Gran Bretaña se reciben 526 quejas por año relacionadas con los ruidos de bajas frecuencias y las autoridades son capaces de identificar el 88% de las fuentes, siendo las más comunes fábricas (35%), música (13%) y tráfico de vehículos (11%).

La bibliografía científica brinda datos importantes sobre resultados de investigaciones de campo, entre ellos: quejas referidas al ambiente sonoro tales como perturbación, disgusto o daño en personas expuestas a 32.5 Hz @ 92 dB (Tempest, 1973); o las relacionadas con un ruido de banda ancha de entre los 20 y 100 Hz, proveniente de fuentes industriales distantes (Vasudevan y Gordon, 1977); molestia producida por la percepción de vibraciones y tableteo de puertas y ventanas (Schomer, 1982; Ochiai *et al.* 1989; Schomer y Averbuch, 1989); temor, irritabilidad, ansiedad, imposibilidad de volverse a dormir cuando se despiertan y necesidad de cambiar de lugar de residencia, todo ello debido a los ruidos, en habitantes cercanos a autopistas o a un puente importante con gran afluencia de tránsito vehicular, (Yamada, 1981, Nagai *et al.*, 1989); con exposición a sonidos en el rango 2-100 Hz @ 150 dB, se encontraron vibraciones en las paredes del pecho y sensación de ahogo (Mohr *et al.*, 1965, citado por Bryan y Tempest, 1972); Békesy (citado por Pimonow, 1976) dice que se presentan en la columna

vertebral, a los 1.6 Hz; y que se observa resonancia abdominal a 10 Hz, torácica a frecuencias entre 20 y 70 Hz, dependiendo de la estatura y postura del sujeto (Landström, 1980). La región correspondiente a los infrasonidos se extiende hasta los 40 Hz, donde los sujetos manifiestan sensaciones de opresión y vibración, dependiendo el grado de sensación del nivel sonoro (Nakamura y Tokita, 1981). Con exposición durante 90 segundos a infrasonidos de frecuencias discretas de 151-153 dB, se registraron movimientos de las paredes abdominales y del pecho (Johnson, 1982; Broner y Leventhal, 1983). Con infrasonidos apenas por encima del umbral de audición, se observó sensación de presión en el oído (Møller, 1984); la sensación de presión para 3 Hz comienza alrededor de los 108 dB y para 40 Hz cerca de los 50 dB, con una diferencia para la sensación de vibración de entre 4-6 dB por encima, aunque alrededor de los 20 Hz se igualan los niveles (Inukai *et al.*, 1986); presión y vibración son sensaciones peculiares de los infrasonidos (Inukai *et al.*, 1987); aparecen vibración y presión en cabeza y oídos a 10 Hz y vibración a 20 Hz y presión a 40 Hz en oídos (Fuchs *et al.*, 1995; Verzini *et al.*, 1999); molestia, náusea, dolor de cabeza fueron atribuidos a un ruido de refrigerador de 16 Hz @ 87-92 dB (Yamada 1982; Nagai *et al.*, 1989); importante molestia en oficinas en las cuales prevalecían las bajas frecuencias (problemas de concentración), con exposición durante toda la jornada laboral a 76.8 dB promedio (Landsrtom *et al.*, 1998); molestia en personas expuestas a RMBF atribuida a falta de control percibido e irregularidades en relación al ruido (Holmberg *et al.*, 1997); fatiga después del trabajo en un estudio con 439 personas que trabajaban en oficinas, laboratorios e industrias expuestos a RMBF estaban fuertemente relacionados con fatiga después del trabajo (Tesarz *et al.*, 1997). Un estudio bibliográfico completo en podrá verse en Verzini (1999).

Cabe destacar que la discriminación de los efectos que causan este tipo de ruidos es dificultosa, debido a que generalmente se encuentran en el ambiente dentro de un complejo contexto de estímulos sonoros. Es por ello que muchas veces se hace necesario combinar los estudios de campo con experimentos de laboratorio.

Se presenta un estudio de campo sobre los efectos producidos por la exposición a RMBF, en el cual se han considerado como tales, a todos aquellos ruidos cuyas frecuencias se encuentran por debajo de los 160

Hz incluidos los infrasonidos, es decir las frecuencias por debajo de los 20 Hz.

Antecedentes del mismo son los estudios sobre contaminación sonora realizados en la ciudad de Córdoba (Serra *et al.*, 1992; Verzini *et al.*, 1995) y dos trabajos previos en laboratorio específicos sobre RMBF, desarrollados en una cámara de presión, que dieron como resultado diferencias significativas entre los parámetros psicológicos medidos con y sin exposición a tonos y ruidos de bajas frecuencias (Fuchs *et al.*, 1995 y Verzini *et al.*, 1999).

El *objetivo general* de esta línea de investigación es determinar los efectos psicológicos y fisiológicos que producen los RMBF y encontrar los límites de riesgo para el ser humano.

Los *objetivos específicos* del presente trabajo fueron determinar:

1) Zonas caracterizadas por la presencia de ruidos con componentes de bajas frecuencias, dentro de la ciudad de Córdoba.

2) En los habitantes de las zonas seleccionadas expuestos a esos ruidos: a) Si percibían los ruidos a los cuales están expuestos y sus características; b) Si referían algún tipo de molestia o reportaban efectos nocivos sobre su estado general y actividades cotidianas relacionada con el ruido; c) La evaluación subjetiva del mismo, de acuerdo a escalas elaboradas a tal fin y d) Cuáles eran las variables socio demográficas, personales y ambientales que se asociaban tanto con los efectos como con la evaluación del ruido.

Método

Se delimitaron dentro del tejido municipal de la Ciudad de Córdoba, 3 zonas utilizando para ello dos criterios. En primer criterio fue el de predominancia de ruido de muy baja frecuencia. El segundo criterio fue el de diferenciación en zona según la fuente principal de ruido de cada una de ellas. Según este último criterio resultaron tres zonas bien diferenciadas: *Zona 1*: predominancia de ruido de equipos de aire acondicionado de grandes emprendimientos comerciales; *Zona 2*: predominancia de ruido de distintas maquinarias industriales tales como grandes compresores, inyectores y extractores y otras maquinarias ligadas a la línea de producción, y *Zona 3*: predominancia de ruido de tránsito vehicular pesado y liviano sobre autopistas, puentes y salidas de túneles.

Sujetos

98 voluntarios de ambos sexos, distribuidos entre las 3 zonas y cuyas edades oscilaban entre los 21 y 70 años. La edad presentó una distribución bimodal, encontrándose las mayores frecuencias en 21 a 30 años y 51 a 60 años.

Zona 1: 50 sujetos, 34 mujeres y 16 varones.

Zona 2: 18 sujetos, 13 mujeres y 5 varones.

Zona 3: 30 sujetos, 19 mujeres y 11 varones.

Instrumentos

- Medidor de precisión de nivel sonoro y de impulsos tipo 2204; micrófono a condensador tipo 4193; analizador de frecuencias en tiempo real de doble canal tipo 2144; programa de filtro digital para analizador de doble canal tipo BZ 5048; calibrador para medidor de nivel sonoro tipo 4231. Todos ellos marca Bruel y Kjaer.

- Preamplificador para micrófono patrón, marca Brüel y Kjaer, tipo 2639.

- Filtros pasabandas de infrasonidos y de bajas frecuencias para acoplar al medidor de nivel sonoro Brüel y Kjaer, tipo 2204.

Se construyó un cuestionario sobre la base de resultados obtenidos en investigaciones precedentes (Serra *et al.* 1992; Verzini *et al.* 1995) y adaptado a la situación actual. Los datos obtenidos en dichas investigaciones sobre los efectos del ruido urbano en los habitantes de zonas de distintas características dentro de la Ciudad de Córdoba, Argentina, fueron procesados mediante el Análisis Factorial de Correspondencias Múltiples (no paramétrico). Este análisis permitió determinar las variables relevantes y eliminar las variables redundantes para este tipo de estudios, y ajustarlo al ambiente físico y socio - económico - cultural de la población a la cual estaba dirigido.

Las preguntas eran de respuestas abiertas o cerradas, algunas con escalas y de múltiple opción según el caso. Sus ejes de análisis y variables consideradas fueron las siguientes:

1) Variables Sociodemográficas: edad, sexo, nivel educacional, nivel socio - económico - cultural del jefe de familia. Esta última variable fue evaluada mediante un índice compuesto por nivel educacional, nivel laboral (tipo de ocupación) y nivel de ingreso.

2) Variables personales: apoyo social, satisfacción con la vida que debían ser respondidas mediante escalas tipo Lickert), sensibilidad hacia los ruidos en general, nivel de ansiedad (ambas evaluadas subjetivamente mediante escalas tipo Lickert); síntomas generales tales como problemas para dormir, irritabilidad, ansiedad, problemas de concentración, fatiga, presión o vibración en cabeza, oídos, pecho, abdomen, rigidez en cabeza y/o cuello, vómitos, mareos o náusea, cuyos puntajes se sumaron obteniéndose un índice (SINT). Cabe aclarar aquí que estos síntomas, según se puede apreciar en la Introducción, pueden ser producidos por los RMBF.

3) Variables percepción del ruido (respuesta abierta) y evaluación de su nivel (escala tipo Lickert). En primer lugar se preguntaba al encuestado si había algún factor del ambiente o del barrio que considerara perjudicial. En el caso de no mencionar al ruido se le preguntaba sobre el mismo.

4) Variables relacionadas con la evaluación y con los efectos producidos por los ruidos estudiados, las que también fueron agrupadas para formar índices: a) Evaluación subjetiva de los ruidos (EVA) a los que estaban expuestos, mediante las siguientes escalas de Diferencial Semántico: agradable/desagradable, beneficioso /perjudicial y sedante/excitante; b) Percepción de temblores, vibraciones o de daños en las viviendas (TVD) de respuesta cerrada; c) Efectos percibidos por los entrevistados como producidos por el ruido tales como molestia, problemas de concentración y en el sueño (EFE) de respuesta abierta.

Procedimiento

Medición de los ruidos. Se realizó un relevamiento en distintos lugares de la ciudad y a los fines de seleccionar las zonas antes descritas según los criterios establecidos.

1) Mediante una credencial provista por el Centro de Investigación, dos encuestadoras debidamente entrenadas visitaron todas las viviendas comprendidas dentro de las zonas de ruido seleccionadas, solicitando a sus habitantes que accedieran a realizar una entrevista sobre el medio ambiente, de aproximadamente 50 minutos de duración. En ningún momento se les alertó que el objetivo era evaluar los efectos del ruido. Bajo estas condiciones se logró entrevistar a las 98 personas antes mencionadas.

2) Los datos obtenidos se procesaron obteniéndose valores para cada una de las variables.

3) Se efectuaron mediciones -dentro del límite horario, condiciones y tiempo establecidos- delante de los frentes de las viviendas de cada uno de las personas que fueron encuestadas. Almacenadas en diskettes, esas mediciones fueron procesadas en laboratorio obteniéndose valores de niveles sonoros en dBA y en dB lineales de todo el espectro. Las señales fueron también filtradas, lográndose valores para infrasonidos hasta 20 Hz (INF), bajas frecuencias entre 20 y 160 Hz (BAJ) y bajas frecuencias incluidos los infrasonidos, hasta 160 Hz (AMB).

Análisis de los datos

Para cada zona en particular se obtuvieron los porcentajes de personas que afirmaban escuchar el ruido a que estaban expuestos.

Se correlacionó entre sí todas las variables estudiadas en el cuestionario y además con las mediciones de ruido de todas las zonas en conjunto.

Se realizaron análisis de varianza de uno y dos factores. Las variables independientes consideradas fueron las zonas y los niveles sonoros medidos en cada una de ellas y en cada uno de los tipos de mediciones antes mencionadas: INF, BAJ, AMB, dBlin y dBA.

En los ANOVAs factoriales, se tomaron como segundos factores a las variables personales y ambientales estudiadas en el cuestionario. Como variables dependientes de consideraron los efectos atribuidos por los encuestados al ruido y la evaluación subjetiva del mismo. Los síntomas generales fueron tomados como segundo factor y también como variable dependiente.

Resultados

Los niveles de ruido medidos fueron los siguientes: a) INF: entre 70 dB y 92,9 dB; b) BAJ: entre 61,6 dB y 85,5 dB; c) AMB: entre 70,6 dB y 93,4 dB y d) Espectro completo: entre 62,9 dB y 91,3 dB lineales (LIT) y entre 48,1 dBA y 90,6 dBA. Según estos niveles, los infrasonidos en todos los casos estuvieron por debajo de los umbrales de audición y los niveles de ruido considerando el espectro completo excedían aquellos aconsejables para las distintas zonas estudiadas.

Se obtuvieron los siguientes porcentajes de personas que afirmaron escuchar el ruido estudiado, según las zonas:

Zona 1 (ruido proveniente de equipos de aire acondicionado): 71%

Zona 2 (ruido proveniente de industrias): 18%

Zona 3 (ruido proveniente del tránsito vehicular): 60%

Cabe señalar que no hubo relación entre los niveles de ruido y estas respuestas.

Según los resultados de las correlaciones:

- Los niveles de ruido en BAJ correlacionaron de forma significativa con los puntajes en evaluación subjetiva del ruido (EVA) ($p=0,042$) y en efectos producidos por el ruido (EFE) ($p=0,020$, Tabla 1).

Ello significa que a medida que aumentaron los niveles en las frecuencias bajas, los juicios subjetivos sobre los mismos fueron más desfavorables y también aumentaron los efectos perjudiciales que los entrevistados le atribuyen al mismo ruido. Ello sugeriría que podrían ser las bajas frecuencias las que estarían produciendo dichas reacciones.

- EFE correlacionó significativamente con evaluación subjetiva del ruido (EVA) ($p=0,000$) y con síntomas generales de salud (SINT) ($p=0,018$, Tabla 1).
- SINT correlacionó significativamente con EVA ($p=0,044$, Tabla 1).

Estas correlaciones significarían que: a) a medida que aumentaron los juicios desfavorables hacia el ruido también aumentaron los efectos atribuidos al ruido y b) mientras más síntomas generales presentaron los encuestados, emitieron juicios más desfavorables. Dos interpretaciones son posibles en este último caso; por una parte, que los síntomas generales podrían haber sido producto de la exposición al ruido, ya que según la bibliografía los RMBF producen este tipo de síntomas; por otra parte, podría interpretarse que mientras más síntomas y/o malestares presentaron las personas más desfavorablemente evaluaron al ruido en estudio.

- Las variables nivel educacional del entrevistado (NED) y nivel socio cultural del jefe de familia (NES) correlacionaron significativamente con los efectos producidos por el ruido (EFE) ($p=0,025$ y $p=0,019$, respectivamente, Tabla 1).

Ello significaría que a medida que aumentó el nivel socioeconómico familiar y el nivel educacional de los entrevistados, aumentaron los efectos que el ruido les producía.

Tabla 1. Correlaciones entre las variables y sus niveles de significación

	dBLin	BAJ	EVA	SINT	EFE
dBLin					
BAJ					
EVA	-	$r=,20; p=,040$			
SINT	-	-	$r=,20; p=,044$		
EFE	$r=,21; p=,036$	$r=,23; p=,02$	$r=,91; p=,000$	$r=,24; p=,018$	
NED			$r=,18; p=,072$	-	$r=,22; p=,025$
NSC			$r=,21; p=,032$	-	$r=,24; p=,029$
VID			-	$r=,32; p=,001$	-
APO			-	$r=,20; p=,044$	-

- Las variables satisfacción con su propia vida (VID) y apoyo social (APO) correlacionaron significativamente con SINT ($p=0,01$ y $p=0,044$, respectivamente, Tabla 1).

Ello significaría que mientras menos apoyo social y satisfacción con la vida tenían las personas, más síntomas generales presentaban.

- La correlación de la variable NED con EVA tuvo una significación de $p=0,076$, lo que indicaría una *tendencia* a relacionarse (Tabla 1).

De corroborarse ello significaría, que mientras mayor fue el nivel educacional de los entrevistados, más desfavorables fueron los juicios que emitieron sobre los ruidos a que estaban expuestos.

Con respecto a los ANOVAs factoriales no se encontraron interacciones significativas entre los factores.

A continuación se detallan los resultados de los ANOVAs paramétricos a un factor. Asimismo, a los fines de verificar los resultados, en los casos en los que los supuestos no se cumplían, los datos fueron analizados mediante el test no paramétrico de Kruskal-Wallis. Para determinar entre qué variables se producían las diferencias se utilizó el Test de Duncan.

Se observaron las siguientes diferencias significativas entre los niveles de ruido con relación a los distintos tipos de mediciones realizadas:

- Entre las zonas en los niveles sonoros medidos en INF, BAJ, AMB y dBLin y dBA (variables independientes) ($p=0,000$, Tabla 2).

En todos los casos fueron mayores en las zonas 2 y 3 que en la 1.

Tabla 2. Tabla resumen. ANOVAs de un factor: Diferencias de niveles sonoros entre las zonas

	F	Prob.
INF	13,26	p = 0,000
BAJ	15,57	p = 0,000
AMB	15,57	p = 0,000
dB Lin	19,81	p = 0,000
dB A	11,47	p = 0,000

- Diferencias de las variables (dependientes) SINT, EVA y EFE entre zonas (Tabla 3). Mayor cantidad de síntomas en las zonas 1 y 3 con respecto a la zona 2. (p=0,018). Mayor cantidad de efectos en las zonas 1 y 3 con relación a la zona 2 (p=0,000). Juicios más desfavorables en las zonas 1 y 3 con respecto a la 2 y en la 3 con respecto a la zona 1 (p= 0,000).

Tabla 3. Resumen de resultados de los ANOVAs de un factor. Diferencias entre zonas de las variables dependientes síntomas Generales, efectos y evaluación subjetiva del ruido

	F	Prob.
SINT	4,15	p = 0,018
EFE	8,25	p = 0,000
EVA	11,18	p = 0,000

- Diferencias en las variables dependientes EVA y EFE, y SINT, según los distintos niveles de las variables sociodemográficas personales y ambientales (Tabla 4).

1) Sexo (SEX) y SINT: Se observó una tendencia a informar mayor cantidad de síntomas generales en los varones que en las mujeres (p=0,061, Tabla 4).

2) Sensibilidad al ruido (SENS) y EFE: Se observaron diferencias significativas (p=0,007) en los efectos del ruido según la sensibilidad de los encuestados. Aquellos que manifestaron ser muy sensibles a los ruidos en general, manifestaron ser más perturbados que los que no eran tan sensibles (Tabla 4).

3) SENS y EVA: Se observaron diferencias significativas (p=0,032) en los juicios subjetivos sobre el ruido según la sensibilidad de los encuestados (Tabla 4). Aquellos que manifestaban ser muy sensibles con respecto a los ruidos en general emitieron juicios más desfavorables

hacia los ruidos a que estaban expuestos, que los que eran apenas o nada sensibles.

Tabla 4. Resumen de resultados de los ANOVAs de un factor. Diferencias de las variables dependientes síntomas generales, efectos del ruido y evaluación subjetiva del ruido en relación al sexo, sensibilidad al ruido en general y ansiedad.

	SINT		EFE		EVA	
	F	Prob.	F	Prob.	F	Prob.
Sexo	3,50	p =0,064				
Sensibilidad al ruido			4,23	p =0,007	3,04	p =0,032
Ansiedad	35,92	p =0,000	3,28	p =0,041	2,86	p =0,062

4) Ansiedad (ANS) y SINT: Se observaron diferencias significativas en la cantidad de síntomas informados por los encuestados según el grado de ansiedad ($p=0,000$, Tabla 4). Mayor cantidad de síntomas generales en los encuestados que manifestaban ser muy ansiosos y bastante ansiosos con relación a los que no eran ansiosos. Asimismo, hubo diferencias significativas entre los muy ansiosos y los bastante ansiosos.

5) ANS y EFE: Se observaron diferencias significativas entre el grado de ansiedad y la cantidad de efectos informados por los encuestados ($p=0,041$, Tabla 4). Los muy ansiosos presentaron mayor cantidad de efectos que los no ansiosos.

6) ANS y EVA: Se observó una *tendencia* a diferenciar el modo de juzgar el ruido, según el grado de ansiedad de los encuestados ($p=0,062$, Tabla 4). Los más ansiosos tendieron a juzgarlo en forma mas desfavorable que los no ansiosos.

7) No se encontraron diferencias significativas en relación al resto de las variables.

Discusión

En primer lugar, debemos destacar que los porcentajes de respuestas de los encuestados, indican que no todas las personas percibieron el ruido a que estaban expuestas siendo mayor el número de escuchas en las zonas caracterizadas ruidos de equipos de aire acondicionado y tránsito vehicular (zonas 1 y 3 respectivamente). Sin embargo, según los ANOVAs, los niveles de ruido medidos fueron más altos en las zonas 2 (industrias) y 3 que en la 1. Se puede suponer entonces que en acuerdo con los conceptos de Benton y Leventhal (1986), sería el carácter del

ruido el que estaría influyendo en estos resultados. Por otra parte habría que profundizar acerca del desconocimiento, por parte de algunos encuestados, de la presencia del ruido, ya que los niveles medidos excedían en casi todos los casos a los permitidos. Es posible que ello responda a la concepción de este ruido como *estresor de fondo* según lo expresan Benton y Leventhal (1994), y que para estas personas y debido también a sus propias características personales, hayan pasado a formar parte de su vida diaria y por ello no hayan expresado escucharlos. Cabe destacar al respecto, lo ocurrido en la zona 2 en donde un porcentaje mínimo de personas tenían conciencia de la presencia del ruido. Si se hubiese encontrado correlación significativa entre antigüedad en la vivienda y las variables de respuesta al ruido, podría haberse pensado en una habituación por parte de los residentes, por lo que se hace necesario continuar investigando este fenómeno.

Los resultados de las correlaciones indican que, tomando todos los encuestados de las tres zonas en conjunto, los niveles sonoros de los RMBF estuvieron relacionados con los juicios subjetivos y con los efectos de los ruidos. Es decir que mientras mayor fue el nivel sonoro en RMBF más desfavorables fueron los juicios que emitieron los sujetos sobre el mismo y más efectos les produjeron. Por otra parte, los ANOVAs indican que los juicios subjetivos sobre el ruido fueron más desfavorables y además se produjeron mayor cantidad de efectos en las zonas 1 y 3 que en la 2 y que sin embargo, los niveles más altos de ruido en RMBF se encontraron en las zonas 2 y 3. Nuevamente se puede suponer con Benton y Leventhal (1986), que hubieron factores diferentes a la fuerza sonora que intervinieron en los efectos y en la evaluación de los sujetos con respecto al ruido. Ellos estarían vinculado a otras características del ruido y podría relacionarse con los conceptos de Benton (1991) y de Benton y Leventhal (1986) expuestos en la introducción, con respecto a la intervención de factores cognitivos. En nuestro caso el tránsito y los grandes equipos de aire acondicionado fueron evaluados más desfavorablemente y produjeron mayores efectos. Otra explicación que podría ser considerada en este caso, es la posible influencia de la fuente de ruido como variable modificadora de la reacción, que en este caso al ser una fábrica por una parte podría considerarse el factor utilidad (fuente laboral) y que por otra parte produce un producto atractivo para la mayoría de las personas. Ambas características podrían estar actuando

favorablemente y en ese caso el ruido no sería percibido como ruido o no tan desfavorablemente.

Con respecto a lo ocurrido con la variable síntomas generales, podría pensarse según dos alternativas; que actuó en este caso como variable moderadora de los juicios subjetivos o que estos síntomas fueron producto del mismo ruido. Kjellberg y Wide (1988), citado por Landström (1995), expresan que la ausencia de respuestas subjetivas directas, no implica que la persona no esté afectada por el ruido, ya que puede atribuir a otros factores los problemas causados por el mismo.

Por último se puede interpretar que las variables ansiedad, sensibilidad a los ruidos en general, nivel educacional, nivel socioeconómico, apoyo social y satisfacción con la vida experimentados por los encuestados, parecerían haber actuado como variables moderadoras de la evaluación y efectos del ruido, según el caso.

En síntesis, es posible concluir que en este trabajo existen indicios que hacen suponer que las bajas frecuencias de los ruidos, entre 20 y 150 Hz, podrían estar más relacionadas con las reacciones desfavorables de las personas que las otras frecuencias y que además el carácter de dichos ruidos puede contribuir a determinar dichas reacciones. Finalmente, un grupo importante de variables modificadoras parecerían influir en las reacciones a este tipo de ruidos.

Los resultados obtenidos son alentadores y demuestran la necesidad de continuar investigando sobre el tema y la importancia de determinar cual sería el abordaje más adecuado y fundamentalmente considerar la necesidad de realizar estudios longitudinales los que permitirían establecer la influencia de este tipo de ruidos sobre la salud.

Bibliografía

- Benton, S. (1991) An investigation of self generation of annoyance responses to Low Level Low Frequency noise. *Proceedings of the Interconference on Low Frequency Noise and Vibration*, 92-97.
- Benton, S. (1997) Measurement challenges in assessing the annoying characteristics of noise. Is low frequency noise a special case? *Journal of Low Frequency Noise and Vibration*, 16, 1, 13-24.
- Benton, S. y Leventhall, H.G. (1986) Experiment into the impact of Low Level, Low Frequency noise upon human behaviour. *Journal of Low Frequency Noise and Vibration*, 5, 4, 143-162.
- Benton, S. y Leventhall, H.G. (1994) The role of "background stressors" in the formation of annoyance and stress responses. *Journal of Low Frequency Noise and Vibration*, 13, 3, 95-101.

- Broner, N. y Leventhal, H.S. (1983) A criterion for predicting the annoyance due to lower level low frequency noise. [Un criterio para predecir la molestia debida a más bajos niveles de ruido de baja frecuencia]. *Journal of Low Frequency Noise and Vibration*, vol. 2, p. 160-168.
- Bryan, M. y Tempest, W. (1972) Does infrasound make drivers 'drunk'? (¿Los infrasonidos 'embriagan' a los conductores ?) *New Scientist*, vol. 53, n° 78, p. 584-586.
- Fuchs, G.L., Verzini, A.M. y Nitardi, H. (1995) Preliminary Search of Thresholds and Effects of Very Low Frequency Sounds on Man. *The International Journal of Environmental Studies.*, 49, 1, 1-11.
- Holmberg, K., Kjellberg, A. y Landström, U. (1997) Low frequency noise levels variations and annoyance in working environments. *Journal of Low Frequency Noise and Vibration and Active Control*, 16 (2), 81-87.
- Inukai, Y., Taya, H., Miyano, H. , y Kuriyama, H. (1986) Multidimensional evaluation method for the psychological effects of pure tones at low Infrasonic frequencies. [Método de evaluación multidimensional para efectos psicológicos de tonos puros de bajas frecuencias infrasónicas]. *Journal of Low Frequency Noise and Vibration*, vol. 5, n° 3, p.104-112.
- Inukai, Y., Taya, H., Nagamura, N. y Kuriyama, H. (1987) An evaluation method of combined effects of IS and audible noise. [Un método para la evaluación de efectos combinados de IS y ruidos audibles]. *Journal of Low Frequency Noise and Vibration*, vol 6, n° 3, p.119-123.
- Johnson, D.L. (1982) Infrasound, its sources and effects. [Infrasonidos, sus fuentes y efectos]. *Publicación del Seminario Latino Americano de Acústica*, vol. 1, p. 282-302.
- Landström, U. (1980) Some effects of infrasonic noise on man. *Proceedings of Conference on Low Frequency Noise and Hearing*, Aalborg, Denmark, May 7-9 p. 1-9.
- Landström, U., Kjellberg, A., Söderberg, L., y Nordström, B. (1994) Measures against ventilation noise. Which tone frequencies are least and most annoying? *Journal of Low Frequency Noise and Vibration*, vol. 13, n° 3, p. 81-88.
- Landström, U., Kjellberg, A. y Söderberg, L. (1998) Noise Annoyance at different times of the working day. *Journal of Low Frequency Noise, Vibration and Active Control*, 17(1), 35-42.
- Møller, H. (1984) Physiological and psychological effects of infrasounds on humans. *Journal of Low Frequency Noise and Vibration*, vol 3, n° 1, p.1-17.
- Nagai, N., Matsumoto, M., Yamasumi, .Y, Shiraishi, T., Nishimura, K., Matsumoto, K., Miyashita, K. and Takeda, S. (1989) Process and emergence on the effects of infrasonic and low frequency noise on inhabitants. *Journal of Low Frequency Noise and Vibration*, 8(3), 87-99.
- Nakamura, S. y Tokita, Y. (1981) Frequency characteristics of subjective responses to low frequency noise. [Características de frecuencia de respuestas subjetivas a ruidos de baja frecuencia] *Proceedings Inter-Noise 81*, Amsterdam, The Netherlands, vol. 2, p. 735-738.
- Ochiai, H. y Yamashita, M. (1989) Rattling of noise generated by low frequency sound in Dwellings *Proceedings Inter-Noise*, 89, 843-846.
- Pimonow, L. (1976) *Les Infra-Sons*. [Los infrasonidos]. Paris France. Editions du Centre Nationale de la Recherche Cientifique.
- Persson, K. y Rylander, R. (1991) *Proceedings of the International Conference on Low Frequency Noise and Vibration*, 4-6 de septiembre, 87-91.

- Tempest, W. (1973) Loudness and annoyance due to low frequency noise. *Acustica*, 29, 4, 187-142.
- Tempest, W. (1989) A survey of low frequency noise complaints received by local authorities in the United Kingdom. *Journal of Low Frequency Noise and Vibration*, 8, 2, 45-49.
- Serra, M.R., Frassoni, C.A., Verzini, A.M. 7 Biassoni, E.C. (1992) An interdisciplinary study of urban noise pollution. *The International Journal of Environmental Studies*, 42, 201-214.
- Schomer, P. (1982) Community response to blast noise and building vibration. *Proceedings Inter-Noise* 82, 605-608.
- Schomer, P. y Averbuch, A. (1989) Indoor human responses to blast sounds that generate rattles. *Journal of the Acoustical Society of America*, 86(2), 665-673.
- Tesarz, M.; Kjellberg, A.; Landström, U. y Holmberg, K. (1997) Subjective response patterns related to low frequency noise. *Journal of Low Frequency Noise and Vibration*, 16 (2), 145-149.
- Vasudevan, R.N y Gordon C.G. (1977) Experimental study of annoyance due to low frequency environmental noise. *Applied Acoustics*, vol. 10, 1, p. 57-69.
- Verzini, A. M., Biassoni, E.C., Serra, M.R. y Frassoni, C.A. (1995) An interdisciplinary study on urban noise pollution: Part II. *The International Journal of Environmental Studies*, 48, 283-292.
- Verzini, A.M.; Ortiz, A.H. y Nitardi, H.S. y Fuchs, G.L. (1999) A laboratory experiment on very low frequency sounds effects. *Applied Acoustics*, 57 (1), 69-77.
- Verzini, A.M. (1999) Contaminación ambiental por sonidos de muy bajas frecuencias. Parte II: Efectos psicológicos y fisiológicos en el ser humano *Interdisciplinaria*, 16 (1), 49-73.
- Yamada, S. (1981) Lawsuit relating to a very low frequency noise problem caused by a highway bridge in Japan. *Noise and Vibration Bulletin*, 111-115.
- Yamada, S. (1982) Research on concrete examples of low frequencies noise problem. *Proceedings of Inter-noise*, 82, 601-604.