

Análisis del ruido en la ciudad de Concepción (Chile) en relación a la funcionalidad de las vías urbanas**Análise do ruído na cidade de Concepción (Chile) em relação à funcionalidade das estradas urbanas**

DOI:10.34117/bjdv6n11-446

Recebimento dos originais: 20/10/2020

Aceitação para publicação: 20/11/2020

Guillermo Rey Gozalo

Doctor en Física y Matemáticas

INTERRA, Dpto. Física Aplicada, Escuela Politécnica, Universidad de Extremadura

Facultad de Ciencias de la Salud, Universidad Autónoma de Chile

Endereço: Avda. Universidad s/n, 10003 Cáceres, España - 5 Poniente 1670, 3460000 Talca, Chile

E-mail: greyg@uautonoma.cl ou guille@unex.es

María Angélica Catalán Lizana

Fonoaudióloga

Facultad de Ciencias de la Salud, Universidad Autónoma de Chile

Endereço: 5 Poniente 1670, 3460000 Talca, Chile

E-mail: a.catalanlizana@gmail.com

Gabriel Sebastián Varas Pérez

Ingeniero Civil Acústico

Universidad Austral de Chile

Endereço: General Lagos 2086, 5090000 Valdivia, Chile

E-mail: varasgabriel@gmail.com

RESUMEN

La contaminación acústica es uno de los principales problemas medioambientales existentes en las ciudades de todo el mundo y responsable del deterioro de la salud y la calidad de vida de los residentes. El tráfico rodado es la principal fuente de ruido en las zonas residenciales debido a que este es el principal medio de transporte para que los ciudadanos se desplacen entre las distintas zonas de la ciudad o entre ciudades. En el presente estudio se analizó la aplicabilidad del método de categorización en la ciudad de Concepción. Este método se basa en estratificar las vías urbanas de acuerdo a su funcionalidad como medio de comunicación. Esta funcionalidad relacionada con la movilidad urbana va a tener una influencia en los niveles sonoros. Los resultados muestran como las distintas categorías viales presentan niveles sonoros significativamente diferentes y como estos niveles superan los valores límites recomendados por organizaciones internacionales. Los niveles sonoros están significativamente relacionados con el flujo del tráfico rodado. Por lo tanto, el problema del ruido también está presente en las ciudades chilenas y para hacer frente a este problema ambiental son necesarias medidas llevadas a cabo desde la planificación y gestión urbana.

Palabras Clave: Ruido urbano, categorización vial, planificación urbana, funcionalidad vial.

RESUMO

A poluição sonora é um dos principais problemas ambientais nas cidades de todo o mundo e é responsável pela deterioração da saúde e da qualidade de vida dos residentes. O tráfego rodoviário é a principal fonte de ruído nas zonas residenciais porque é o principal meio de transporte para os cidadãos se deslocarem entre diferentes zonas da cidade ou entre cidades. No presente estudo, foi analisada a aplicabilidade do método de categorização na cidade de Concepción. Este método baseia-se na estratificação das estradas urbanas de acordo com a sua funcionalidade como meio de comunicação. Esta funcionalidade relacionada com a mobilidade urbana terá uma influência nos níveis de som. Os resultados mostram como as diferentes categorias de estradas apresentam níveis de ruído significativamente diferentes e como estes níveis excedem os valores-limite recomendados por organizações internacionais. Os níveis de ruído estão significativamente relacionados com o fluxo do tráfego rodoviário. Por conseguinte, o problema do ruído está também presente nas cidades chilenas, e para resolver este problema ambiental, são necessárias medidas de planeamento e gestão urbana.

Palavras Chave: Ruído urbano, categorização de estradas, planeamento urbano, funcionalidade rodoviária.

1 INTRODUCCIÓN

La contaminación acústica es uno de los principales problemas medioambientales presentes en las ciudades de todo el mundo (World Health Organización, 2011). Por lo tanto, el ruido está presente tanto en ciudades de países desarrollados como en vías de desarrollo (Cossich Teixeira et al., 2019; Barros de Almeida et al., 2020; Rey Gozalo et al., 2015; Rey Gozalo & Barrigón Morillas, 2016). Además, es importante resaltar que este problema ambiental no sólo afecta a las grandes ciudades, también está presente en las ciudades pequeñas o pueblos (Rey Gozalo et al., 2013a).

Publicaciones realizadas por organizaciones internacionales indican que la contaminación acústica ocupa el segundo lugar entre los estresantes ambientales debido a su efecto en la salud pública. Además, al contrario que otros estresantes ambientales, los cuales están disminuyendo, la exposición al ruido sigue aumentando actualmente (World Health Organización, 2011). Este contaminante ambiental es responsable de diversos efectos negativos en la salud: fisiológicos (Vienneau et al., 2015), sociológicos (Łowicki y Piotrowska, 2015) y psicológicos (Muzet, 2007).

En los entornos urbanos, se encuentran un conjunto de fuentes sonoras de diferentes características temporales y espaciales. Entre ellas, cabe destacar, las fuentes sonoras procedentes del sector industrial, del comercio, del ruido comunitario y del transporte (aéreo, ferroviario y rodado). Resultados obtenidos en diferentes estudios muestran como el tráfico rodado es la principal fuente de ruido en el ámbito urbano.

El tráfico rodado privado o público es el principal medio de transporte utilizado por la población residente en las ciudades para desplazarse entre las diferentes zonas de la ciudad o entre ciudades. Por lo tanto, el tráfico rodado es el principal medio de movilidad urbana. El flujo, velocidad y tipo de

vehículos va a depender de la funcionalidad de la vía urbana. Esta funcionalidad, a su vez, está relacionada con las características arquitectónicas de la vía (anchura, número de carriles, límites de velocidad, etc.). Este conjunto de características asociadas a la fuente sonora y al medio urbano pueden influir en la presencia de diferentes niveles sonoros.

Estudios previos realizados en ciudades europeas muestran que la funcionalidad de las vías permite una estratificación significativa de los niveles sonoros (Rey Gozalo et al., 2013b, 2014). Estos resultados suponen una ventaja desde el punto de vista del análisis y evaluación de los niveles sonoros presentes en una ciudad, ya que, implica una disminución de la variabilidad sonora y por lo tanto, una disminución de los puntos de muestreo que conlleva a una determinada precisión. También, supone una ventaja desde el punto de vista de predicción sonora, ya que, de acuerdo a la funcionalidad que le otorguemos a la vía, se podrá determinar los posibles niveles sonoros.

El desarrollo de métodos que permitan relacionar la funcionalidad de las vías urbanas con los niveles sonoros tendría beneficios en la planificación y gestión urbana. La contaminación acústica es un objetivo prioritario dentro del Ministerio de Medio Ambiente de Chile. A través de diferentes licitaciones y fondos públicos han permitido la realización de los mapas de ruido de las ciudades de Santiago, Antofagasta, Valdivia, Coquimbo, La Serena, Temuco, Padre las Casas y Talca. Sin embargo, aún quedan ciudades sin evaluar, además de actualizar algunos de los mapas de ruido presentes. El desarrollo de estas metodologías supondría un método alternativo y económico a los actuales softwares de predicción sonora.

2 OBJETIVOS

El principal objetivo de este estudio fue evaluar la aplicación de un método basado en la estratificación de las vías urbanas atendiendo a su funcionalidad como medio de comunicación entre la ciudad y otras ciudades y entre en las diferentes zonas de la ciudad. Este método denominado “Método de Categorización” ha sido aplicado con éxito en diferentes ciudades europeas (Rey Gozalo et al., 2013a, 2013b, 2014, 2015).

Otros objetivos que se plantearon en este estudio fueron: comparación de los niveles sonoros registrados con los propuestos por organismos internacionales como valores límites a partir de los cuales tienen un efecto negativo en la salud, relación de los niveles sonoros con el flujo de tráfico rodado para corroborar la importancia de esta fuente sonora en los entornos urbanos y relación entre los niveles sonoros medios y el tipo de categoría vial.

3 METODOLOGÍA

3.1 ÁREA DE ESTUDIO

El presente trabajo se llevó a cabo en la ciudad de Concepción, localizada en la VIII Región de Chile (región del Biobío). Concepción constituye la comuna central del área metropolitana de Gran Concepción (ver Figura 1). Gran Concepción está compuesta por diez comunas y la comuna de Concepción, con una población aproximada de 250.000 habitantes, es la más poblada (ver Figura 2). Concepción ejerce un significativo impacto en el comercio nacional con una fuerte presencia de la industria manufacturera. Esta región es considerada una de las industrializadas del país.

Figura 1. Localización de la comuna de Concepción en la ciudad de Gran Concepción

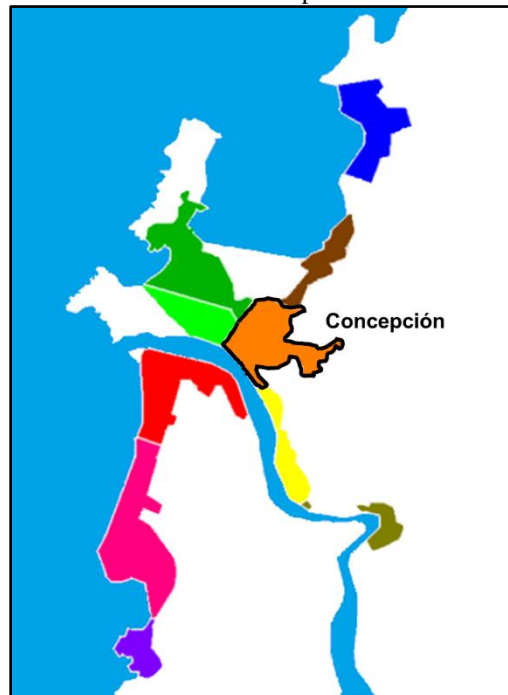
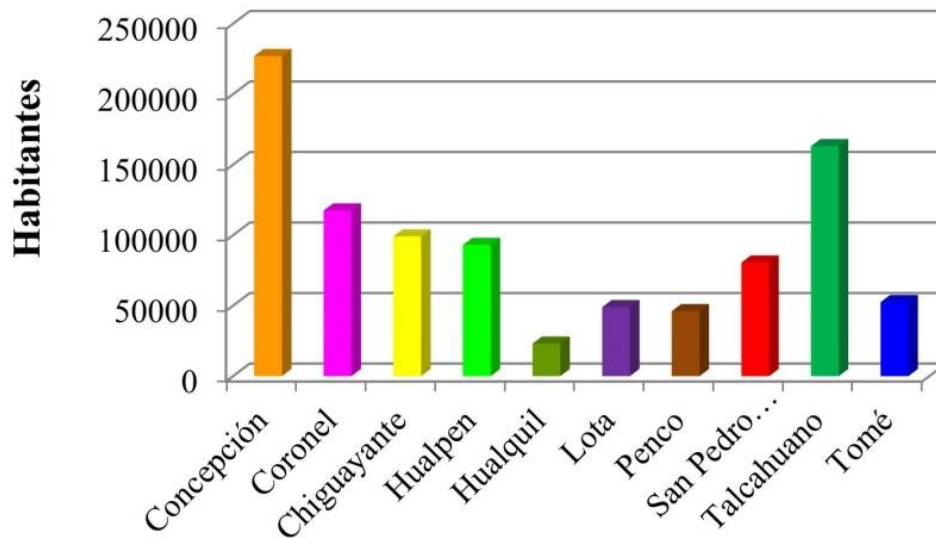


Figura 2. Habitantes residentes en las comunas de Gran Concepción



3.2 MÉTODO DE CATEGORIZACIÓN

El método de categorización asume que el ruido del tráfico rodado es la principal fuente de contaminación acústica en las calles de la ciudad. La definición de las categorías usadas en este estudio es la misma que la utilizada en trabajos previos realizados en otras ciudades (Barrigón Morillas et al., 2005), al igual que el procedimiento de asignación de los puntos de muestreo. A continuación, se muestran las diferentes definiciones utilizadas para las categorías viales:

- Categoría 1: Vías de utilización preferente para comunicar la ciudad con otras ciudades importantes nacionales y para intercomunicar estas vías entre ellas a través de la zona urbana (en general, serán vías de dirección indicada o señalizada).

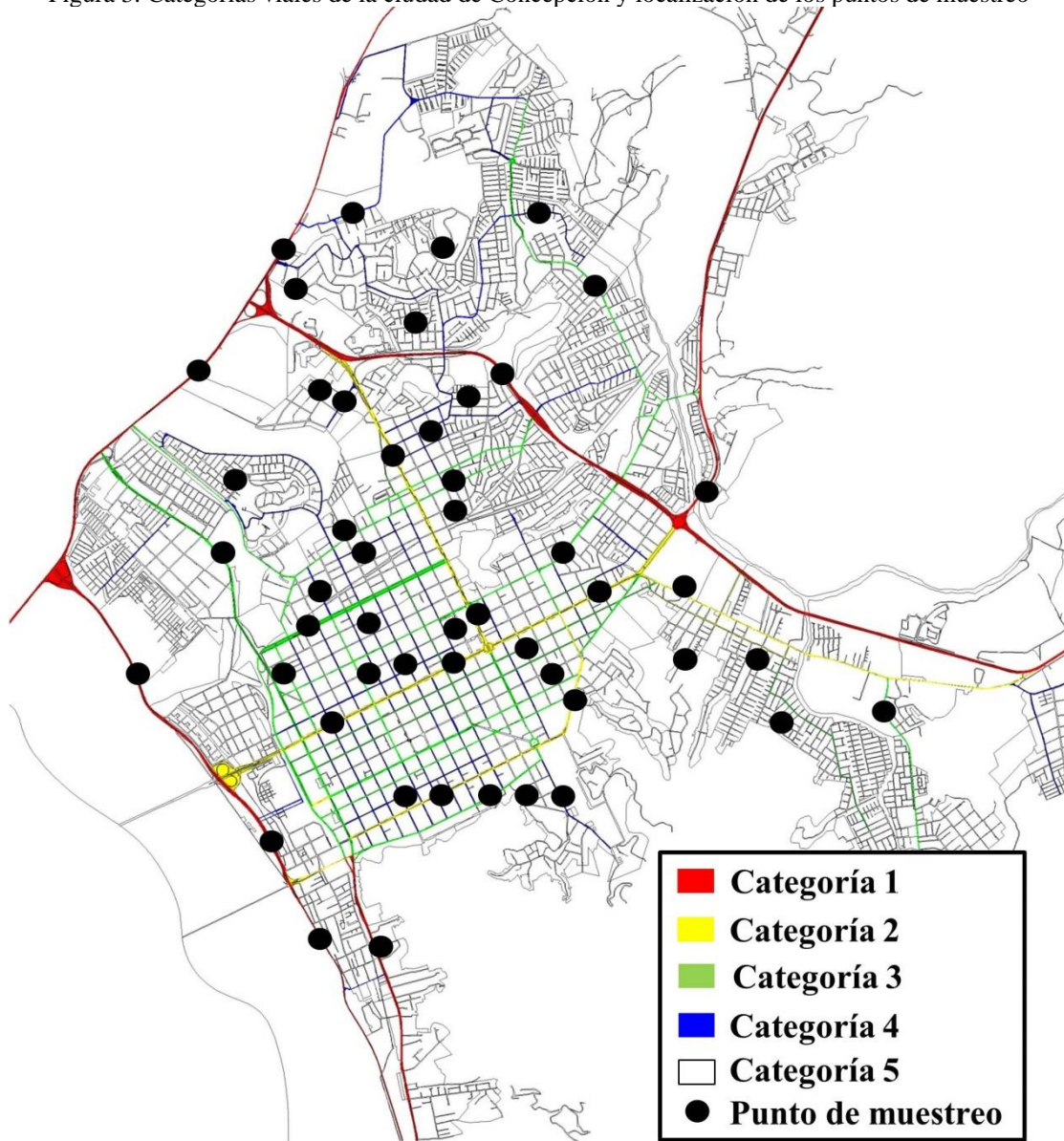
- Categoría 2: Vías urbanas que dan acceso desde las de la categoría anterior a intersecciones de distribución principales de la ciudad. También se incluyen en esta categoría las vías que son usadas de forma alternativa a las de la categoría anterior dada la saturación que éstas pueden presentar en muchas ciudades.

- Categoría 3: Se incluyen en ella, por un lado, las vías que comunican la ciudad con otras zonas regionales y, por otro, las vías urbanas que dan acceso desde las anteriores a centros de interés o que comunican, de forma clara, las anteriores entre sí.

- Categoría 4: Vías de intercomunicación entre las anteriores. Además, se incluyen en esta categoría, las principales vías de los diferentes barrios que no han sido incluidas en categorías previas.

- Categoría 5: Se incluyen en ella, todas las calles de la ciudad (excepto las peatonales) que no han sido incluidas en las categorías anteriores.

Figura 3. Categorías viales de la ciudad de Concepción y localización de los puntos de muestreo



En la asignación de las vías urbanas a las diferentes categorías se llevaron a cabo diferentes estudios de terreno “in situ”, además de la colaboración de población residente, gestores urbanos y personal trabajador en el transporte de la ciudad de Concepción. Una vez asignadas las vías urbanas a las diferentes categorías, en cada una de ellas, se seleccionaron al azar diferentes puntos de muestreo. En la selección de los puntos de muestreo se evitaron los puntos equivalentes. Los puntos equivalentes

se consideraron aquellos que se localizaban en un mismo trayecto de categoría y entre los cuales no interceptaba vía alguna que le suministrase un flujo o tipología de vehículos significativo.

En este estudio, se han analizado un total de 50 puntos de muestreo. La localización de los puntos de muestreo se muestra en la Figura 3. En la Tabla 1 se indica el número de puntos de muestreo seleccionados por categorías. En aquellas categorías que tenían una mayor longitud, se seleccionaron un mayor número de puntos de muestreo.

3.3 PROCEDIMIENTO Y EQUIPO DE MEDICIÓN

Una vez cubierta la variabilidad espacial a través de la localización de diferentes puntos de muestro en las categorías viales, se necesitaba incorporar la variabilidad temporal. Para ello, en cada punto de muestro se realizaron diferentes medidas sonoras en el periodo diurno de 7:00 a.m. a 11:00 p.m. Estas mediciones se realizaron los días laborables y fueron distribuidas en los siguientes intervalos horarios: 7:00 – 11:00, 11:00 – 15:00, 15:00 – 19:00 y 19:00 – 23:00. La duración de las medidas sonoras fue de 15 minutos.

Las indicaciones de la Directiva de Ruido Europea (European Commission, 2002) y la normativa internacional ISO 1996-2 (ISO 1996-2, 2007) fueron seguidas durante el procedimiento de medida. Así, las mediciones fueron realizadas con condiciones climáticas favorables (sin lluvia y sin pavimento húmedo, velocidades de viento por debajo de los 5 m/s). También, el sonómetro se localizó a una altura de 1.5 m con respecto al suelo y a más de 2.0 m de cualquier superficie reflectante.

En este estudio fue utilizado un sonómetro de tipo 1, 2250 Brüel & Kjær, que fue calibrado (calibrador 4231 Brüel & Kjær) antes y después de cada sesión de medidas. El nivel sonoro equivalente con ponderación A fue registrado, Leq (dBA), además del flujo de tráfico rodado, en cada una de las mediciones.

3.4 ANÁLISIS ESTADÍSTICOS

El presente estudio se basa fundamentalmente en un análisis descriptivo. En primer lugar, se analizó la distribución porcentual de los valores sonoros registrados en las distintas categorías viales y en el global de la ciudad. También, diferentes parámetros de centralización (media, mediana) y dispersión (desviación típica y rango) fueron analizados para cada una de las categorías viales.

Con respecto a los análisis inferenciales, se analizó la significación del coeficiente de correlación lineal entre el nivel sonoro equivalente y el logaritmo del flujo del tráfico. Además, se analizaron los intervalos de confianza del 95 % de los valores medios sonoros registrados en las

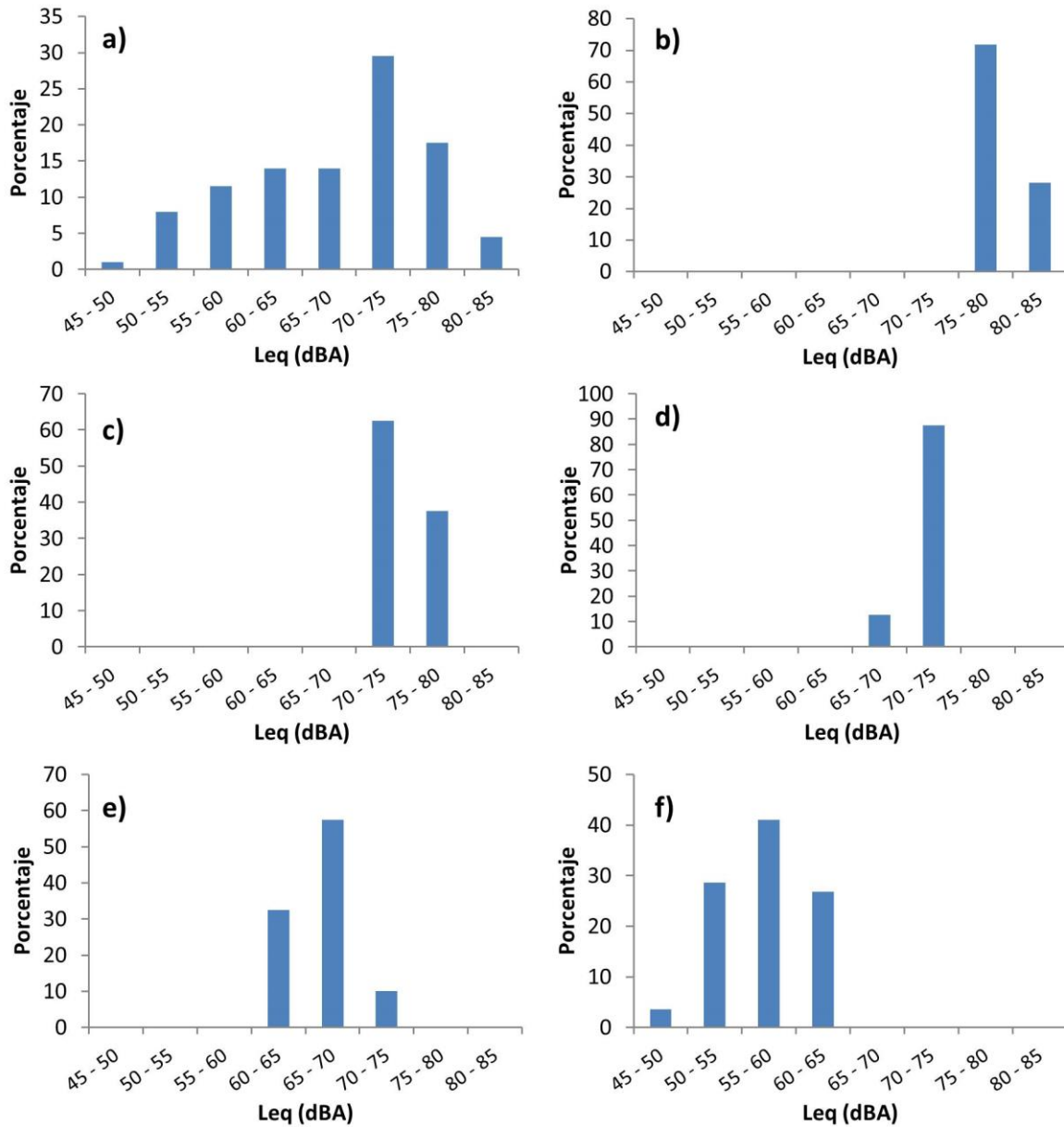
categorías viales. Este análisis nos permitió analizar la presencia o no de una estratificación significativa entre las categorías viales.

4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Un total de 200 medidas sonoras de 15 minutos fueron realizadas en la ciudad de Concepción. La distribución porcentual de los valores sonoros registrados en las distintas categorías viales y en el global de la ciudad se representa en la Figura 4.

El mayor porcentaje de medidas realizadas para el global de la ciudad, con un valor del 30 %, se concentran en el intervalo de 70 dB a 75 dB. Este intervalo sonoro también es el que presenta mayor porcentaje de medidas en las categorías 2 y 3. Estos valores sonoros están muy por encima de los valores límites recomendados por la Organización Mundial de la Salud (WHO, 1999) o la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OECD, 1991).

Figura 4. Porcentaje de medidas cuyo nivel sonoro equivalente se encuentra en los intervalos indicados para: la ciudad (a), la Categoría 1 (b), la Categoría 2 (c), la Categoría 3 (d), la Categoría 4 (e) y la Categoría 5 (f).



A continuación, si comparamos los valores sonoros registrados con los valores límites propuestos por la OMS y la OECD, el 65,5 % de las medidas realizadas superan los 65 dB consideradas por la OECD como “zonas acústicamente negras” por sus efectos negativos para la salud. Si se toma como referencia el límite de 55 dB, a partir del cual la OMS considera molestia grave, el 91 % de las medidas superan este nivel sonoro. Las medidas realizadas en la Categoría 1, 2 y 3 superan el nivel de 65 dB y junto con la Categoría 4 el nivel de 55 dB. Por lo tanto, un porcentaje significativo de la población residente en la ciudad de Concepción, están expuestos a niveles sonoros diurnos que afectan a la salud.

En la Categoría 5 (calles residenciales), en la cual se registraron menores niveles sonoros, el 68% de las medidas realizadas superaron el valor de 55 dB, considerado por la OMS como molestia grave, y el 28,5 % superaron el valor de 50 dB, considerado por la OMS como molestia moderada. Sólo el 3,5 % de las medidas registraron valores inferiores a 50 dB, considerados por la OMS como aceptables para el periodo diurno.

También, en este estudio se analizaron los valores sonoros medios y la variabilidad de éstos en las distintas categorías. Los resultados de este análisis descriptivo se muestran en la Tabla 1.

Tabla 1. Estadísticos descriptivos del nivel equivalente registrado en los puntos de medidas en las distintas categorías

Descriptivo	Categoría 1	Categoría 2	Categoría 3	Categoría 4	Categoría 5
	Leq (dBA)				
Promedio	78,3	74,6	71,4	67,0	56,6
Mediana	77,5	74,7	71,4	66,8	56,8
Desviación estándar	1,9	0,9	1,1	2,2	3,8
Rango	4,6	2,7	3,2	5,9	10,9
Máximo	81,0	76,0	73,2	69,7	62,4
Mínimo	76,4	73,2	70,0	63,8	51,5
Nº puntos	8	8	10	10	14

Los valores sonoros medios registrados mostrados en la Tabla 1 van disminuyendo de la Categoría 1 a la Categoría 5. Con respecto a la variabilidad sonora, en las 3 primeras categorías es similar; sin embargo, en la Categoría 4 y 5 (calles de barrio o residenciales) la variabilidad es superior. Si se comparan estos valores medios con los recomendados por la OMS y la OECD, todas las categorías superan el valor de 55 dB y, excepto la Categoría 5, superan el valor de 65 dB.

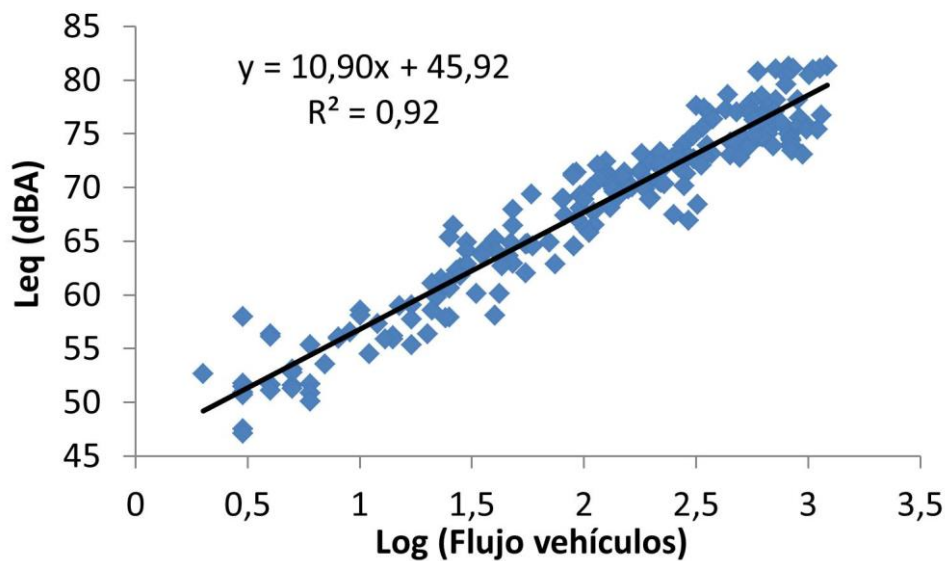
A continuación, se realizó una comparación de los valores sonoros medios obtenidos en las categorías viales de la ciudad de Concepción con los registrados en otras ciudades chilenas y europeas (Rey Gozalo et al., 2013, 2015, 2016, 2017).

Los valores sonoros medios registrados en la ciudad de Talca para las distintas categorías viales en el periodo diurno de la Categoría 1 a la Categoría 5 fueron de 74,9 dB, 72,3 dB, 69,6 dB, 64,8 dB y 52,6 dB. Por lo tanto, los valores medios registrados en la ciudad de Concepción fueron superiores en todas las categorías viales. Efectivamente, este resultado podría ser predecible dado la mayor extensión y población residente de la ciudad de Concepción. Ahora bien, si se realiza esta comparación con los valores sonoros medios registrados en la ciudad de Valdivia, cuyos valores fueron de 75,0 dB, 72,9 dB, 71,6 dB, 66,5 dB y 55,9 dB, las diferencias son menores. Por lo tanto, la ciudad de Concepción presenta valores sonoros semejantes a otras ciudades de Chile con una extensión y población similar.

También, esta comparación de valores medios se llevó a cabo con respecto a ciudades españolas (Rey Gozalo et al., 2013). Ciudades españolas como Salamanca (145.000 habitantes), Santander (173.000 habitantes), Vitoria (245.000 habitantes), Valladolid (302.000 habitantes), Málaga (569.000 habitantes) y Sevilla (691.000 habitantes) sus Categorías 1, 2, 3 y 4 también, al igual que Concepción, superan los 65 dB propuestos por la OECD como valor límite para el periodo diurno. Por lo tanto, los valores registrados en Concepción no son superiores a los registrados en ciudades españolas de similares características urbanísticas. Sin embargo, al igual que en las ciudades españolas, los niveles sonoros registrados en las distintas categorías van a producir efectos negativos en la salud de la población residente.

Otro de los objetivos del estudio, se centraba en analizar la relación de los niveles sonoros con el flujo de tráfico rodado para corroborar la importancia de esta fuente sonora en los entornos urbanos. En la Figura 5 se muestra la relación entre las variables nivel sonoro equivalente y el logaritmo del flujo total de vehículos.

Figura 5. Relación entre el nivel sonoro equivalente y el flujo de vehículos.

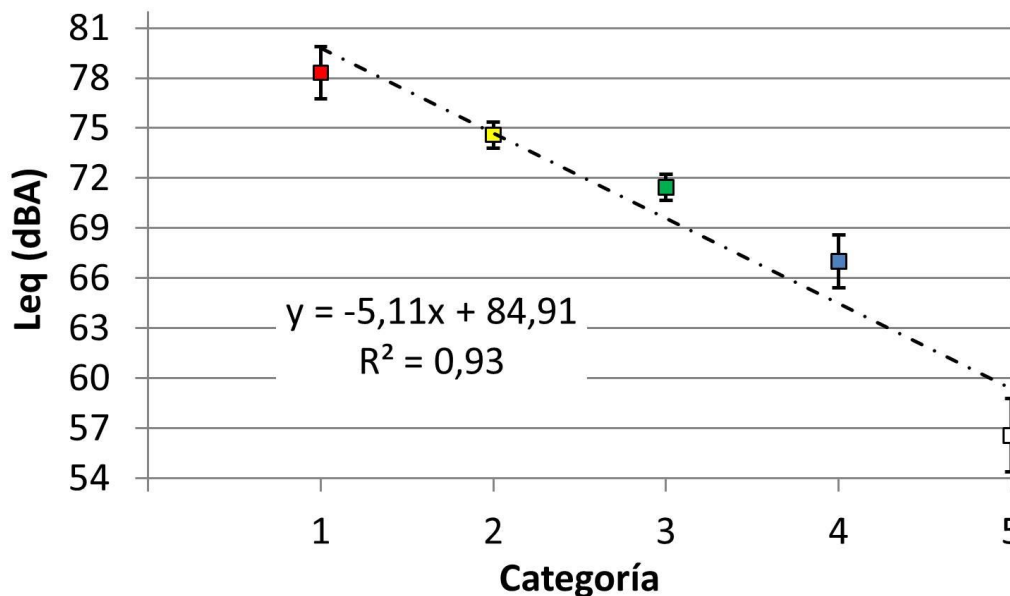


La Figura 5 muestra como a medida que aumentamos el flujo de vehículos aumenta significativamente los valores sonoros. Esta relación lineal significativa presenta un coeficiente de determinación de 0,92. Este valor quiere decir que sólo el flujo total del tráfico rodado, sin hacer distinción entre pesados y ligeros, explica el 92 % de la variabilidad del nivel sonoro equivalente. Estos porcentajes significativos elevados de explicación de variabilidad sonora también se han obtenido en recientes estudios realizados en ciudades iberoamericanas (Medina Alvarado et al., 2017). Así, en la

ciudad de Talca se obtuvo un coeficiente de determinación de 0,94 y en la ciudad de Cáceres (España) de 0,90. Por lo tanto, en las ciudades de Chile se corrobora que el tráfico rodado también es la principal fuente sonora.

Por último, en este estudio, se analizó la estratificación de los valores medios de las distintas categorías y su relación con la funcionalidad de las vías.

Figura 6. Variabilidad de los valores sonoros registrados en las categorías y relación entre ellos.



En la Figura 6 se representan los valores sonoros medios registrados en las categorías y el intervalo de confianza del 95% de dichos valores. Los intervalos de confianza no presentan solapamientos entre las distintas categorías. Por lo tanto, podremos afirmar con un 95 % de probabilidad que las categorías presentan diferencias significativas en sus valores medios. Por lo tanto, a pesar de que las ciudades chilenas presentan diferencias urbanísticas con respecto a las ciudades europeas, la funcionalidad de las vías según el método de categorización, también permite una estratificación significativa de las categorías. Este es un resultado importante tanto para el análisis y evaluación del ruido urbano como también desde el punto de vista de la gestión y planificación urbana. Existen estudios actuales en los cuales se ha utilizado este método para la evaluación del ruido urbano a través de los mapas de ruido realizados por el Ministerio de Medio Ambiente del Gobierno de Chile (MMA, 2010).

También, se observa en la Figura 6 una relación significativa entre la funcionalidad de las vías y los niveles sonoros promedios. A medida que aumenta el número de categoría y, por lo tanto, menor

utilidad desde el punto de vista de movilidad urbana, disminuye el valor sonoro medio registrado. Aquellas categorías que son más frecuentemente utilizadas por la población para desplazarse entre las zonas de la ciudad, son aquellas que registran mayor nivel sonoro.

5 CONCLUSIONES

El método de categorización, basado en la funcionalidad de las vías como medio de transporte, permite una estratificación significativa de los valores sonoros y, por lo tanto, es una herramienta útil para gestores y planificadores urbanos. Además de ser un método para la evaluación y análisis de los valores sonoros urbanos también podría ser utilizado para predicción sonora de viales de acuerdo a su funcionalidad.

Los valores sonoros registrados en las distintas medidas sonoras realizadas en la ciudad de Concepción ponen de manifiesto los elevados niveles sonoros presentes en las ciudades de Chile que van a conllevar efectos negativos en la salud y calidad de vida de sus residentes.

El tráfico rodado es la principal fuente sonora en las ciudades de Chile y a través de su flujo se puede estimar un elevado porcentaje de variabilidad de los niveles sonoros presentes en las vías urbanas.

AGRADECIMIENTOS

Los autores quieren agradecer a CONICYT a través del Fondo Nacional de Desarrollo Científico y Tecnológico (FONDECYT) para investigadores de iniciación (N° 11140043) del Gobierno de Chile por la financiación de este trabajo. Este estudio también ha sido cofinanciado por la Consejería de Economía, Ciencia y Agenda Digital de la Junta de Extremadura a través de ayudas para la atracción y retorno del talento investigador a los centros de I+D+i del Sistema Extremeño de Ciencia, Tecnología e Innovación (TA18019), donde la Universidad de Extremadura es la entidad beneficiaria.

REFERENCIAS

- Barrigón Morillas, J.M.; Gómez Escobar, V.; Vaquero, J.M.; Méndez-Sierra, J.A.; Vílchez-Gómez, R. (2005). Measurement of Noise Pollution in Badajoz city, Spain. *Acta Acustica united with Acustica* 91: 797-801.
- Barros de Almeida, S.M.; von Söhsten Trigueiro, J.; dos Santos Cavalcanti, M.G. (2020). Sound pollution and urban noise mapping: literature review. *Brazilian Journal of Development* 6: 80776-80787. DOI: 10.34117/bjdv6n10-484
- Cossich Teixeira, A.; Fernando Soares, P.; Altimari Samed, M.M. (2019). Noise influence on urban real estate valuation. *Brazilian Journal of Development* 5: 18949-18965. DOI: 10.34117/bjdv5n10-133
- European Commission (2002). Directive 2002/49/EC of the European Parliament and of the Council of 25 June 2002 relating to the assessment and management of environmental noise. *Off. J. Eur. Communities* 18: 12–25.
- ISO 1996-2 (2007). Description, Measurement and Assessment of Environmental Noise, Part 2: Determination of Environmental Noise Levels; International Organization for Standardization: Geneva, Switzerland.
- Łowicki, D.; Piotrowska, S. (2015). Monetary valuation of road noise. Residential property prices as an indicator of the acoustic climate quality. *Ecological Indicators* 52: 472–479. DOI: 10.1016/j.ecolind.2015.01.002
- Medina Alvarado, R.M.; Barrigón Morillas, J.M.; Rey Gozalo, G. (2017). Urban characteristics and traffic noise in Loja (Ecuador). *Proceeding in INTER-NOISE 2017 - 46th International Congress and Exposition on Noise Control Engineering: Taming Noise and Moving Quiet*. Hong Kong, China: 27-30 August 2017.
- Ministerio de Medio Ambiente (2010). *Elaboración de Mapa de Ruido Comuna De Santiago Mediante Software de Modelación*. Santiago de Chile.
- Muzet, A. (2007). Environmental noise, sleep and health. *Sleep Medicine Reviews* 11: 135-142. DOI: 10.1016/j.smr.2006.09.001
- OECD (Organization for Economic Cooperation and Development), 1991. *Fighting Noise in 1990s*; Alexandre, A., Barde, J.-P., Eds.; OECD Publications: Paris, France, p. 120.
- Rey Gozalo, G.; Barrigón Morillas, J.M.; Gómez Escobar, V.; Vílchez-Gómez, R.; Méndez Sierra, J.A.; Carmona del Río, F.J.; Prieto Gajardo, C. (2013a). Study of the categorisation method using long-term measurements. *Archives of Acoustics* 38(3): 397-405. DOI: 10.2478/aoa-2013-0047
- Rey Gozalo, G.; Barrigón Morillas, J.M.; Gómez Escobar, V. (2013b) Urban streets functionality as a tool for urban pollution management. *Science of the Total Environment* 461: 453-461. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2013.05.017

Rey Gozalo, G.; Barrigón Morillas, J.M.; Gómez Escobar, V. (2014). Analyzing nocturnal noise stratification. *Science of the Total Environment* 479-480(1): 39-47. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2014.01.130

Rey Gozalo, G.; Barrigón Morillas, J.M.; Prieto Gajardo, C. (2015). Urban noise functional stratification for estimating average annual sound level. *Journal of the Acoustical Society of America* 137: 3198–3208. DOI: 10.1121/1.4921283

Rey Gozalo, G.; Barrigón Morillas, J.M. (2016). Analysis of sampling methodologies for noise pollution assessment and the impact on the population. *International Journal of Environmental Research and Public Health* 13, 490. DOI: 10.3390/ijerph13050490

Rey Gozalo, G.; Catalán Lizana, M.A.; Muñoz Ponce M.A. (2017). La percepción del ruido en la ciudad de Talca, Chile. *Rev. elect. geogr. Austral* 9 (1).

Vienneau, D.; Schindler, C.; Perez, L.; Probst-Hensch, N.; Rössli, M. (2015). The relationship between transportation noise exposure and ischemic heart disease: a meta-analysis. *Environment Research* 138: 372-380. DOI: 10.1016/j.envres.2015.02.023

World Health Organization (1999). *Guidelines for community noise*. B. Berglund, T. Lindvall, D. H. Schwela, K. T. Goh, Ginebra (eds.).

World Health Organization (2011). *Burden of Disease from Environmental Noise—Quantification of Healthy Life Years Lost in Europe*. WHO Regional Office for Europe: Copenhagen, Denmark.