



DOI: <http://dx.doi.org/10.23857/dc.v7i4>

Ciencias Experimentales
Artículo de investigación

*Análisis multitemporal de la contaminación urbana por ruido en el centro histórico
de Cuenca - Ecuador*

*Multi-temporal analysis of urban noise pollution in the historical center of Cuenca
– Ecuador*

*Análise multi-temporal da poluição sonora urbana no centro histórico de Cuenca –
Ecuador*

Freddy Marco Armijos Arcos ^I
freddym.armijos@esPOCH.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0003-2687-3339>

Vanessa Fernanda Morales Rovalino ^{II}
vanessa.morales@esPOCH.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0001-8844-8544>

María José Duque-Sarango ^{III}
maria.duque@esPOCH.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0003-0474-2063>

correspondencia: freddym.armijos@esPOCH.edu.ec

***Recibido:** 20 de junio de 2022 ***Aceptado:** 10 de julio de 2022 * **Publicado:** 26 de julio de 2022

1. Ingeniero Ambiental, Máster en Sistemas Integrados de Gestión, Docente, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (ESPOCH), Riobamba, Ecuador.
2. Ingeniera Mecánica, Máster en Ingeniería Matemática y Computación, Docente, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (ESPOCH), Riobamba, Ecuador.
3. Ingeniera Automotriz, Doctora en Ingeniería y Tecnología del Transporte Terrestre, Docente, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (ESPOCH), Riobamba, Ecuador.

Resumen

El presente trabajo analiza los datos históricos de mediciones de contaminación urbana por ruido realizadas en el centro histórico de Cuenca-Ecuador, para lo cual se realiza un levantamiento de información, verificación y validación de todas las fuentes bibliográficas y de bases de datos disponibles en el área, tomando en consideración principalmente el monitoreo continuo que lleva a cabo el Instituto de Estudios de Régimen Seccional del Ecuador. El período de datos analizados va desde 1999 hasta el 2021, con una media global de 72.11 ± 2.750 dBA, el año con menor media es el 2009 con un valor de 65.71 ± 3.172 dBA, y el mayor 2006 con 75.27 ± 1.344 dBA año de la entrada de funcionamiento del Centro de Revisión Técnica Vehicular, el año 2020 es el menor de los últimos 5 años con una media de 70.02 ± 1.571 dBA explicado por la pandemia de COVID-19. En referencia a los períodos horarios no existen diferencias significativas entre los valores diurnos de la mañana, medio día y tarde con medias entre 72.13 y 72.33 dBA, mientras que si existe una diferencia significativa de los mismos comparados con el valor de la noche (68.29 ± 2.814 dBA).

Palabras clave: emisión sonora; contaminación; ruido; tráfico.

Abstract

This article analyzes the historical data of urban noise pollution in the historical center of Cuenca-Ecuador. A bibliographical and database review was conducted, taking in consideration that those were verified and validated. The database of the Institute of Studies of the Sectional Regime of Ecuador (IERSE) was prioritized because they conduct a continuous monitoring from 2014 until today. The period analyzed goes from 1999 to 2021, with a global average of noise of $72.11 \pm 2,750$ dBA, the year with the lowest average was 2009 with a value of $65.71 \pm 3,172$ dBA, and the highest 2006 with $75.27 \pm 1,344$ dBA, that year the Vehicle Technical Review Center began its operation. In 2020, the lowest value of the last 5 years was obtained with a value of $70.02 \pm 1,571$ dBA explained by the COVID-19 pandemic. In reference to the hourly periods, there are no significant differences between the diurnal values of the morning, noon and afternoon with means between 72.13 and 72.33 dBA; however, compared with the night value (68.29 ± 2.814 dBA) there is a significant difference.

Keywords: sound emission; pollution; noise; traffic.

Resumo

Este documento analiza los datos históricos de las mediciones de contaminación sonora urbana en el centro histórico de Cuenca-Ecuador, para lo cual se realiza un levantamiento de información, verificación y validación de todas las fuentes bibliográficas y bases de datos disponibles en el área, teniendo en cuenta principalmente la monitorización continua realizada por el Instituto de Estudios de Régimen Seccional del Ecuador. El período de datos analizados va de 1999 a 2021, con un promedio global de $72,11 \pm 2,750$ dBA, el año con el promedio más bajo es 2009 con un valor de $65,71 \pm 3,172$ dBA, y el más alto 2006 con $75,27 \pm 1,344$ dBA, el año del inicio del funcionamiento del Centro de Inspección Técnica de Vehículos, 2020 es el más bajo de los últimos 5 años con un promedio de $70,02 \pm 1,571$ dBA, explicado por la pandemia COVID-19. En referencia a los períodos horarios, no hay diferencias significativas entre los valores diarios de mañana, mediodía y tarde con promedios entre 72,13 y 72,33 dBA, mientras que hay una diferencia significativa en relación con el valor nocturno ($68,29 \pm 2,814$ dBA).

Palabras-clave: emisión de ruido; contaminación; ruido; ruido; tráfico.

Introducción

La contaminación por ruido ocupa el segundo lugar después de la contaminación del aire como generador de problemas de salud, el bienestar y la consiguiente reducción de la calidad de vida, incluso llegando a formular que esto supone una vulneración a los derechos humanos (Maurya et al., 2022; Sarlat, 2019; Thompson et al., 2022).

A pesar de ello, dado que los seres vivos somos receptores y generadores habituales de sonidos, y que se ha hecho más énfasis en la contaminación del agua, suelo y aire por sobre el ruido, se lo ha llegado a considerar por algunos como de poca importancia (Bañuelos Castañeda, 2015; Martínez Gavilanes, 2020; Zamorano González et al., 2015).

En el contexto de contaminación urbana, la degradación del ambiente a causa de ruido tiene diferentes fuentes pero se considera al tránsito vehicular como el principal causante sobre todo en aquellos países y ciudades que carecen de sistemas de gestión de transporte y pobres procesos de planeación. (Ascigil-Dincer & Yilmaz Demirkale, 2021; Zamorano-González et al., 2019)

En Ecuador, la Constitución de la República destaca “el derecho de la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, que garantice la sostenibilidad y el buen vivir” (Asamblea Nacional Constituyente, 2008) y la legislación establece que las ciudades con 250 000

habitantes o más deben elaborar mapas de ruido (Ministerio de Ambiente del Ecuador [MAE], 2015): sin embargo, las únicas ciudades que cumplen con lo establecido son Quito, Guayaquil y Cuenca (Escuela Politécnica del Litoral, 2022; Instituto de Estudios de Régimen Seccional del Ecuador [IERSE], 2022; Quito Cómo Vamos, 2022).

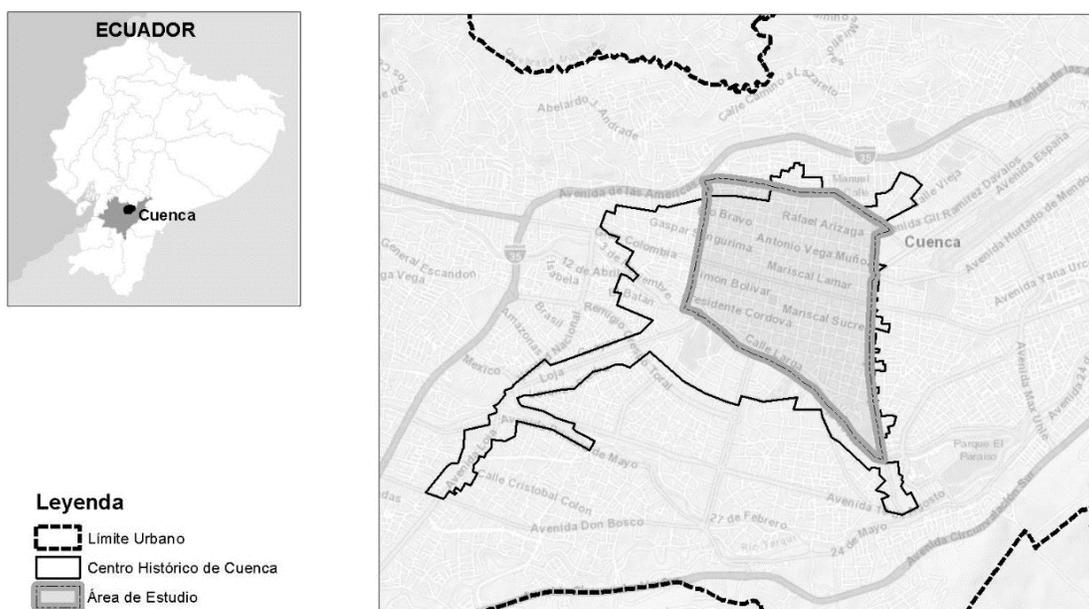
Es destacable el caso de Cuenca, que mediante la supervisión de la Comisión de Gestión Ambiental ha venido monitoreando los niveles de ruido desde 2003 con sonómetros calibrados y certificados y desde el 2018 con sensores remotos; adicionalmente, gracias a estos datos se han desarrollado varias investigaciones de diferente índole: estudios de impacto del ruido ambiental, evaluaciones del ruido ambiente, elaboraciones de mapas de ruido, modelamiento de ruido y validaciones de los mismos impulsados por la Universidad de Cuenca, Universidad Politécnica Salesiana y Universidad del Azuay, destacándose esta última con el Instituto de Estudios de Régimen Seccional del Ecuador – IERSE con estudios continuos en los últimos años. Las citas referentes a estos datos se detallan en la sección de metodología.

El presente artículo abarca el análisis de estos datos en la zona del centro histórico de Cuenca, evaluando los rangos de datos obtenidos y comparándolos con los estándares establecidos en la legislación.

Metodología

La zona de estudio corresponde a la ciudad de Cuenca, provincia del Azuay, en Ecuador, y se halla definido entre las calles Héroe de Verdeloma al norte, Coronel Talbot al oeste, Calle Larga al sur, y Huayna Capac al este, esta área corresponde a los sectores urbanos 01-01, 01-02, 02-01, 02-02 y 02-03 que forman parte del centro urbano de la ciudad definidas por (Gobierno Autónomo Descentralizado de Cuenca, 2022), acorde se observa en la Figura 1.

Figura 1: Ubicación del Área de Estudio



Fuente: Gobierno Autónomo Descentralizado de Cuenca; Armijos-Arcos. 2022

El estudio parte de una recopilación de información secundaria, con enfoque empírico - cuantitativo. En primer lugar, se realizó un levantamiento de la información histórica disponible en las bases de datos de la Red de Repositorios de Acceso Abierto del Ecuador, en las bibliotecas de la Universidad de Cuenca, Universidad del Azuay, Universidad Católica de Cuenca y Universidad Politécnica Salesiana, y el uso del buscador de Google Académico con las palabras claves “ruido” y “Cuenca”. Los documentos fueron analizados y únicamente se toman en consideración para el presente estudio aquellos que cuenten con los datos cuantitativos, reportados en decibeles, del registro de la medición, descartando aquellos que no cumplan el criterio.

El Instituto de Estudios de Régimen Seccional del Ecuador, adscrito a la Universidad del Azuay, en esfuerzo conjunto con la Comisión de Gestión Ambiental del Gobierno Autónomo Descentralizado de Cuenca, lleva a cabo mediciones y un monitoreo continuo de ruido ambiente, por lo que los datos disponibles son procesados previo al análisis (Instituto de Estudios de Régimen Seccional del Ecuador [IERSE], 2022).

La Tabla 1 muestra los documentos que originan la base de datos para el presente análisis temporal.

Tabla 1: Referencias para la alimentación de la base de datos del análisis multitemporal

Referencia	Cobertura temporal	Adquisición de datos
(Campoverde S. & Campoverde N., 1993)	1993	Estudio cualitativo
(Machuca Reyes & Zárate Carrión, 2000)	1999	Sonómetro
(Cárdenas Urgilés & Urdiales Flores, 2006; Centro de Estudios Ambientales, 2003; García & Cooman, 2006)	2003, 2005 y 2006	Sonómetro
(Cuencaire, 2008)	2008	Sonómetro
(Pérez González, 2010)	2010	Sonómetro
(Durazno Moscoso & Peña Durán, 2011)	2011	Sonómetro
(C. F. T. Ortega et al., 2016; C. T. Ortega et al., 2017)	2014-2015	Mapa de Ruido (Cadna A) Sonómetro
(Samaniego Placencia, 2015)	2015	Sonómetro Dispositivo móvil (aplicación Noise Tube)
(Coronel et al., 2018)	2015	Sonómetro
(Delgado Inga et al., 2015, 2018; Delgado & Martínez, 2015; Gavilanes, 2017)	2009, 2012, 2014 - 2018	Sonómetro Mapa de Ruido (Interpolación exacta de Inverso de Distancia Ponderada IDW) Mapa de Ruido (CadnaA)
(Armijos Arcos, 2018)	2018	Mapa de Ruido (Harmonoise) validado con sonómetro
(Martínez Gavilanes, 2020)	2019	Sonómetro Sensores Remotos
(Instituto de Estudios de Régimen Seccional del Ecuador [IERSE], 2022)	2009, 2012, 2014-2020	Sonómetro
(Naula Ávila & Vásquez Condo, 2021)	2021	Mapa de Ruido (Harmonoise) validado con sonómetro
(Instituto de Estudios de Régimen Seccional del Ecuador [IERSE], 2022)	2018 - actualidad	Sensores remotos (monitoreo continuo)

Fuente: Armijos-Arcos et al, 2022

Es interesante notar el estudio de (Campoverde S. & Campoverde N., 1993) donde señala que para la fecha no existía un laboratorio de acústica ni instrumentación necesaria en la zona por lo que su estudio fue cualitativo. La situación cambia para el año 1999, donde (Machuca Reyes & Zárate Carrión, 2000) ya realizan una recolección de datos de forma continua.

Para el tratamiento de los datos se genera un matriz de las mediciones (x) por cada año de estudio (t), diferenciado por 4 espacios de tiempo (h): mañana (7:00 a 11:00), medio día (11:01 a 15:00), tarde (15:01 a 19:00), noche (19:00 en adelante), para cada una de las celdas x_{th} se establece la media y la desviación estándar, obtenida por los datos promediados de cada lugar y cada hora monitoreada. En referencia a los datos a ser utilizados, se utilizarán únicamente los medidos con sonómetros certificados tomando en consideración que al menos deben haber monitoreado por 15 minutos en una zona para una hora determinada.

De esta manera, los datos tomados con aplicaciones móviles (Samaniego Placencia, 2015) son descartados ya que el error obtenido con las comparaciones con sonómetro supera en algunos casos los 5 dBA. Esto no es indicativo que el uso de teléfonos inteligentes ya que para la zona del parque Paraíso en Cuenca se identificó que no existe diferencia significativa entre las aplicaciones Sound Meter X Standard y Sound Meter Pro en sistemas Android e iOS (Sangurima-Coyago et al., 2020)

Adicionalmente, no se consideran en el presente estudio los datos de nivel de ruido continuo con sensores remotos ubicados a 4m de altura de (Instituto de Estudios de Régimen Seccional del Ecuador [IERSE], 2022), ya que cada una representa realidades sonoras diferentes (González et al., 2009), y para que resulten estadísticamente comparables se requeriría un tratamiento estadístico de los datos ajustando los valores según la ISO 9613-2 (Organización Internacional de Estandarización, 1996).

En el caso de los datos obtenidos a partir de modelamiento, en particular para la elaboración de mapas de ruido, también han sido descartados, ya que a pesar del gran avance en el desarrollo de los modelos de ruido, estos consideran únicamente al tráfico vehicular como emisor, y no todos homogenizan los datos en relación a absorbanza, rebote, parámetros arquitectónicos, entre otros (Ascigil-Dincer & Yilmaz Demirkale, 2021) Se estima, diferencias entre los datos validados con sonómetro de hasta 10 dBA dependiendo del modelo utilizado, pero generalmente bordeando los ± 3 dBA (Armijos Arcos, 2018; Naula Ávila & Vásquez Condo, 2021; C. F. T. Ortega et al., 2016)

Una vez recolectados los datos se realiza una depuración de los datos anómalos, y se agrupan por lugar y hora muestreada, a partir de allí se obtiene la media de los datos para cada x_{th} , tomando en

consideración que los datos vienen dados en dBA, que es de escala logarítmica, por lo que para obtener las medias se lo hacen con los datos en unidades de potencia.

Resultados

Una vez realizado la recolección y tratamiento de los datos, los resultados se recogen en la Tabla 2, donde los datos en negrilla corresponden a los valores medios obtenidos del monitoreo continuo llevado a cabo por el IERSE y la CGA, el resto de datos corresponde a los autores citados en la sección metodológica.

Tabla 2: Nivel de ruido promedio (dBA) en el centro histórico de Cuenca

Año	Mañana	Medio día	Tarde	Noche
1999	70.26 ± 3.371	72.49 ± 3.790	71.02 ± 4.315	65.08 ± 6.877
2003	72.67 ± 3.846	73.41 ± 2.791	74.03 ± 2.778	
2006	75.60 ± 2.924	74.89 ± 2.700	75.69 ± 2.644	
2008	74.70 ± 2.241	73.70 ± 2.211	74.19 ± 2.263	69.70 ± 2.091
2009	67.05 ± 5.718	68.05 ± 5.081	65.9 ± 4.798	61.76 ± 1.99
2010	69.16 ± 4.02	73.45 ± 2.673	74.50 ± 2.638	
2011	69.62 ± 2.735	69.15 ± 2.415	68.62 ± 2.272	67.14 ± 2.633
2012	74.29 ± 4.180	72.18 ± 4.749	71.19 ± 3.786	65.70 ± 5.171
2014	72.29 ± 3.157	71.86 ± 2.910	73.06 ± 2.806	69.56 ± 1.586
	73.29 ± 2.151	71.71 ± 1.616	72.46 ± 1.996	68.70 ± 1.770
2015		71.57 ± 4.167		
	74.27 ± 1.223	74.59 ± 2.094	74.56 ± 2.225	70.87 ± 0.741
	73.63 ± 2.928	72.91 ± 2.773	74.29 ± 3.281	71.20 ± 3.887
2016	69.17 ± 2.167	72.46 ± 3.750	69.29 ± 1.999	66.72 ± 1.031
2017	73.20 ± 2.241	72.22 ± 1.312	73.13 ± 2.635	70.18 ± 2.232
2018	69.78 ± 3.823	71.77 ± 5.117	70.94 ± 5.372	69.07 ± 4.573
	74.41 ± 4.863	72.87 ± 1.943	74.86 ± 1.287	71.26 ± 1.830
2019	73.24 ± 1.645	72.88 ± 1.084	73.41 ± 1.999	68.90 ± 2.330
	72.84 ± 2.976	72.88 ± 3.223	72.23 ± 2.697	68.18 ± 2.732
2020	69.67 ± 1.603	70.88 ± 1.795	71.61 ± 2.213	68.10 ± 0.755
2021	71.89 ± 3.546			

Fuente: Armijos-Arcos et al, 2022

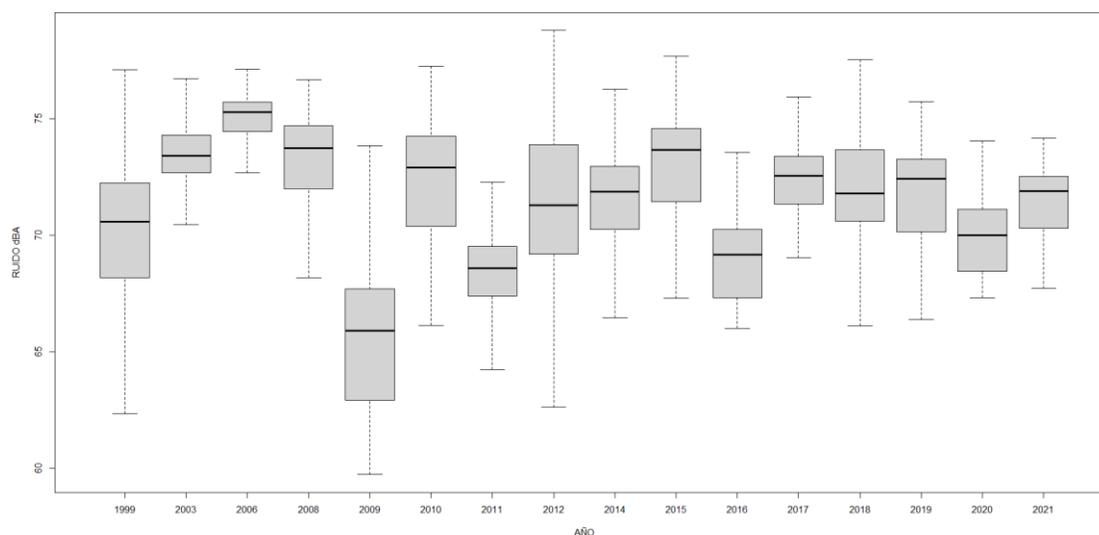
Análisis multitemporal de la contaminación urbana por ruido en el centro histórico de Cuenca - Ecuador

A partir de los datos obtenidos se conduce las pruebas de normalidad de Kolmogorov-Smirnov y Shapiro, obteniendo que $p < 0.05$, que implica que los datos no son normales. Por lo que para la comparación de las medias se procede con un análisis de Kruskal-Wallis para cada uno de los grupos: “año”, “horario”, y “fuente de información” para comprobar las hipótesis nulas, $H_0 =$ no existen diferencias significativas para el grupo X, o aceptar las hipótesis alternativas, $H_1 =$ existe diferencias significativas para el grupo X. Finalmente, en caso de aceptar las H_1 , se realiza una comparación múltiple de Dunn con un ajuste mediante el método de Bonferroni de cada factor, obteniendo:

Para el análisis de diferencias entre años, se tiene un p valor $p = 0.00 < 0.05$ por lo que se acepta la hipótesis alternativa: existen diferencias significativas entre los años analizados.

La Figura 2, muestra el diagrama de cajas por cada año, donde el año 2009 es el valor con menor media de ruido dBA (65.71 ± 3.172), no difiriendo significativamente del año 2011 (68.52 ± 1.467), por otro lado, el año con mayor nivel de ruido es 2006 con un valor de 75.27 ± 1.344 .

Figura 2: Diagrama de cajas por año analizado



Fuente: Armijos-Arcos et al, 2022

Es interesante notar los datos de 2020 (70.02 ± 1.571) es significativamente menor a los años anteriores (2017 a 2019) coincidiendo con el período cuarentena debido al COVID-19.

Los datos de 2016 (69.23 ± 1.343) son atípicos relacionándolos con los valores de los años cotemporales, aunque no existe una causa declarada, se supone que los datos fueron tomados en

períodos donde las unidades educativas no se encontraban en clases, de allí que las mediciones en el día, tarde y noche difieren significativamente de los tomados en la hora pico del medio día (72.46 ± 3.750), el cual si es similar a los de los años previos y siguientes.

Realizando el análisis Dunn, se obtiene los valores mostrados en la Figura 3, que son interpretados de la siguiente forma: la lectura de los datos es fila-columna, en blanco los valores para los que no existen diferencias significativas, así para el año 1999 (4ta fila) no existen diferencias significativas con los valores de menor a mayor de los años 2016, 2020, 2012 y 2021, en la matriz triangular superior de color verde se muestran los años en los que existen diferencias significativas para mayor, así para el mismo año 2019, los años 2014, 2019, 2018, 2010, 2017, 2015, 2008, 2003 y 2006 tienen valores de media de ruido en dBA, significativamente mayores, mientras que en naranja de la matriz triangular inferior, se destacan los valores de ruido en dBA significativamente menores para el año analizado, a saber el año 2009 y 2011.

Figura 3: Comparación Múltiple de Dunn para Kruskal-Wallis (p-valor)

	2009	2011	2016	1999	2020	2012	2021	2014	2019	2018	2010	2017	2015	2008	2003	2006
2009		1.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2011	1.00		1.00	0.00	0.06	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2016	0.02	1.00		0.64	1.00	0.00	0.31	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1999	0.00	0.00	0.64		1.00	0.21	1.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2020	0.00	0.06	1.00	1.00		0.00	0.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2012	0.00	0.00	0.00	0.21	0.00		1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.53	0.00	0.00	0.00	0.00
2021	0.00	0.00	0.31	1.00	0.80	1.00		1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.02	0.03	0.01	0.00
2014	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	1.00	1.00		1.00	1.00	1.00	0.40	0.00	0.00	0.00	0.00
2019	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00	1.00		1.00	1.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2018	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00	1.00	1.00		1.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2010	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00		1.00	0.37	0.61	0.20	0.00
2017	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.53	1.00	0.40	1.00	1.00	1.00		0.28	0.54	0.17	0.00
2015	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.37	0.28		1.00	1.00	0.00
2008	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00	0.61	0.54	1.00		1.00	0.00
2003	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.20	0.17	1.00	1.00		0.00
2006	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Fuente: Armijos-Arcos et al, 2022

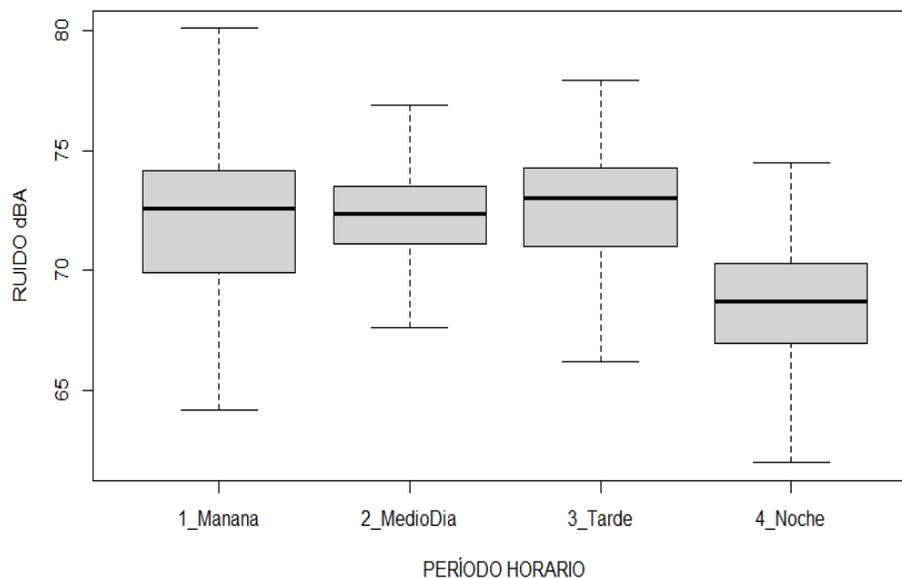
Si se realiza un análisis histórico de la normativa se tiene que Cuenca expide su primera ordenanza referente a ruido en el año 1998, y el primer análisis de ruido con datos in-situ y cuantitativos encontrado en la primera revisión corresponde al año 2019, en 2005 se expide la ordenanza para el funcionamiento del centro de revisión vehicular, cuyo inicio pleno se da a partir del segundo semestre de 2006 y es de notar que los datos evaluados para ese año son los más altos, siendo menores para los

años subsiguientes, otro aspecto interesante es el gran número de estudios principalmente modelaciones que se dan a partir del 2015, mismo año en el que se reforma el Texto Unificado de Legislación Ambiental para incluir la obligatoriedad de los mapas de ruido en ciudades con población mayor a 250.000 habitantes (Gobierno Autónomo Descentralizado de Cuenca, 1998, 2005, 2017; Ministerio de Ambiente del Ecuador [MAE], 2003, 2015).

Para todos los años se observa un incumplimiento de la normativa actual vigente, que señala que en el área comercial (CM) los niveles de ruido diurno (de 7h01 a 21h00) deben ser menores a 60 dBA, y en nocturno (21h01 a 7h00) de 50 dBA. Aunque es importante señalar que el ruido al interior de la viviendas disminuye entre 14 a 18 dBA según los datos registrados por (Cuencaire, 2008) en la calle Juan Jaramillo que tiene afluencia vehicular de buses y camiones medianos.

Para el análisis por período de horas analizado (mañana, medio día, tarde, y noche) se conducen los mismos análisis obteniendo un $p=0.00 < 0.05$ en Kruskal-Wallis por lo que se acepta la hipótesis alternativa: existen diferencias significativas entre los períodos horarios analizados. La Figura 4.

Figura 4: Diagrama de cajas por período horario analizado



Fuente: Armijos-Arcos et al, 2022

El análisis de Dunn nos señala los valores de p mostrados en la Figura 5.

Figura 5: Diagrama de cajas por año y autor de origen

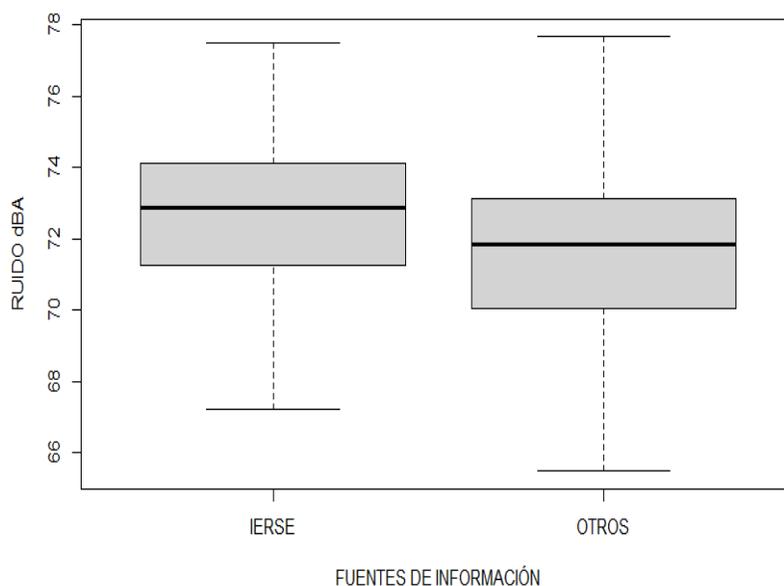
	Manana	Medio día	Tarde	Noche
Manana		1.00	0.18	0.00
Medio día	1.00		0.46	0.00
Tarde	0.18	0.46		0.00
Noche	0.00	0.00	0.00	

Fuente: Armijos-Arcos et al, 2022

Para el período horario, se observa que no existen diferencias significativas entre los valores de la mañana (72.13 ± 2.807 dBA), el medio día (72.18 ± 2.146 dBA) y la tarde (72.33 ± 2.822 dBA), y que el valor de la noche (68.29 ± 2.814 dBA) es significativamente menor al resto. Esto se explica, sobretudo, por el tráfico vehicular de la zona que es mayor en los horarios laborales y pico (7h30, 13h30, 18h30) que, en el horario nocturno; según los análisis del Centro de Estudios Ambientales incluso los valores a las 6h00 llegan a los 50dBA.

Finalmente se realiza un análisis comparativo entre los datos del monitoreo continuo por sonómetro realizado por el IERSE, con respecto a las otras fuentes de información señaladas en la Tabla 1. De esta comparación se obtiene un $p=0.00 < 0.05$ en Kruskal-Wallis, por lo que existen diferencias significativas entre esos valores según IERSE una media de 72.64 ± 2.103 dBA, y según los otros autores 71.59 ± 2.316 dBA, que es una diferencia de 1.05 dBA según se observa en la Figura 6. Sin embargo, si tomamos en cuenta los valores de las modelaciones de diferente tipo, son aceptables diferencias de hasta 3 dBA.

Figura 6: Diagrama de cajas por fuente de información



Fuente: Armijos-Arcos et al, 2022

Estas diferencias se explican principalmente porque los datos no fueron tomados los mismos días, con iguales condiciones meteorológicas, de tráfico vehicular y de actividades comerciales.

Conclusiones

Del presente análisis histórico de monitoreos de Ruido realizados en el centro histórico de Cuenca se determina que el año 2009 es el valor con menor media de ruido con 65.71 ± 3.172 dBA, no difiriendo significativamente del año 2011, 68.52 ± 1.467 dBA, por otro lado, el año con mayor nivel de ruido es 2006 con un valor de 75.27 ± 1.344 dBA previo a la entrada de funcionamiento del Centro de Revisión Técnica Vehicular, los valores de los años subsiguientes son menores que se encuentran entre 70.02 y 72.38 dBA (exceptuando 2011).

Para el año 2020, en el que se produjeron alteraciones en la movilidad y sector comercial por la pandemia de COVID-19 se observa un valor de 70.02 ± 1.571 dBA que es significativamente menor a los años cercanos (2017 a 2019, 2021).

Relacionando los períodos horarios de monitoreo no existen diferencias significativas entre los valores diurnos de la mañana, medio día y tarde con medias entre 72.13 y 72.33 dBA, comparados

con el valor de la noche (68.29 ± 2.814 dBA) donde existe una disminución de aproximadamente 4 dBA.

Finalmente, una comparación entre los datos de monitoreo continuo llevado a cabo por el IERSE con el apoyo de la CGA de Cuenca respecto a los de otros autores, muestra una diferencia de 1.05 dBA en años donde comparables.

Referencias Bibliográficas

1. Armijos Arcos, F. M. (2018). Predicción de ruido por tráfico vehicular y elaboración del mapa de ruido utilizando el modelo HARMONOISE del Centro Histórico de Cuenca. <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/15595>
2. Asamblea Nacional Constituyente. (2008). Constitución de la República del Ecuador.
3. Ascigil-Dincer, M., & Yilmaz Demirkale, S. (2021). Model development for traffic noise annoyance prediction. *Applied Acoustics*, 177, 107909. <https://doi.org/10.1016/j.apacoust.2021.107909>
4. Bañuelos Castañeda, M. (2015). Análisis de los niveles de ruido ambiental por tráfico vehicular en puntos críticos de la zona metropolitana de Guadalajara y actualización del mapa de ruido. [Biblioteca Digital wdg.biblio]. <https://riudg.udg.mx//handle/20.500.12104/47484>
5. Campoverde S., L., & Campoverde N., S. (1993). Zonas tranquilas y ruidosas de la ciudad de Cuenca. <http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/15272>
6. Cárdenas Urgilés, M. A., & Urdiales Flores, J. C. (2006). Determinación de los niveles de contaminación del aire y de ruido en el Centro Histórico de Cuenca. <http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/8334>
7. Centro de Estudios Ambientales. (2003). Determinación de los niveles de ruido en la ciudad de Cuenca.
8. Coronel, D. M., Zegarra, R. R., Astudillo, A., & Moscoso, D. (2018). Análisis de Partículas Sedimentables y Niveles de Presión Sonora en el área urbana y periférica de Cuenca. *Revista de la Facultad de Ciencias Químicas*, 19, 55–64.
9. Cuencaire. (2008). Estudio de consultoría sobre las afecciones por tráfico motorizado pesado en la calle Juan Jaramillo de la Ciudad de Cuenca.

10. Delgado Inga, O., Espinoza, M. C., Gavilanez, J. M., Walden, C. S., Placencia, P. S., Chamba, J. M., Valencia, J. R., & Delgado, J. Z. (2015). Ruido 2014 Monitoreo del ruido ambiente en la Ciudad de Cuenca (2009-2014). En Universidad del Azuay Casa Editora. Universidad del Azuay Casa Editora.
<https://publicaciones.uazuay.edu.ec/index.php/ceuzuay/catalog/book/96>
11. Delgado Inga, O., Gavilanes, J. M., Walden, C. S., Castillo, F. S., Zumba, S. C., & Saquicela, D. E. (2018). Ruido en Cuenca 2012-2018. En Universidad del Azuay Casa Editora. Universidad del Azuay Casa Editora.
<https://publicaciones.uazuay.edu.ec/index.php/ceuzuay/catalog/book/95>
12. Delgado, O., & Martínez, J. (2015). Elaboración del mapa de ruido del área urbana de la Ciudad de Cuenca – Ecuador, empleando la técnica de interpolación geostadística Kriging ordinario. *Ciencias Espaciales*, 8(1), 411–440. <https://doi.org/10.5377/ce.v8i1.2059>
13. Durazno Moscoso, S. N., & Peña Durán, D. M. (2011). Influencia de las actividades humanas cotidianas en la contaminación acústica de la zona de regeneración urbana de la ciudad de Cuenca. <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/1507>
14. Escuela Politécnica del Litoral. (2022). Mapa de Niveles de Ruido en la Gran Guayaquil. <https://fict-espul.maps.arcgis.com/apps/opsdashboard/index.html#/fd65501804b04a708dd519a89a69bc3e>
15. García, N., & Cooman, K. (2006). Determinación de los niveles de contaminación de aire y ruido en el Centro Histórico de la ciudad de Cuenca—Ecuador. En *Contaminación del Aire*. (pp. 95–104). Centro de Estudios Ambientales [Universidad de Cuenca].
https://redbiblioteca.ucacue.edu.ec/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?biblionumber=77414&query_desc=kw%2Cwrdl%3A%20Contaminacion%20aire
16. Gavilanes, J. M. M. (2017). Evaluación del ruido en Cuenca a 2015. *ACI Avances en Ciencias e Ingenierías*, 9(1), Article 1. <https://doi.org/10.18272/aci.v9i15.711>
17. Gobierno Autónomo Descentralizado de Cuenca. (1998). Ordenanza para Controlar la Contaminación Ambiental Originada por la Emisión de Ruidos.
<https://www.cuenca.gob.ec/node/8731>

18. Gobierno Autónomo Descentralizado de Cuenca. (2005). Ordenanza que norma el establecimiento del sistema de revisión técnica vehicular de Cuenca y la delegación de su administración y control “CUENCAIRE”. <https://www.cuenca.gob.ec/node/8918>
19. Gobierno Autónomo Descentralizado de Cuenca. (2017). Ordenanza de Control de la Contaminación Ambiental Originada por la Emisión de Ruido proveniente de Fuentes fijas y móviles. <https://www.cuenca.gob.ec/content/ordenanza-de-control-de-la-contaminaci%C3%B3n-ambiental-originada-por-la-emisi%C3%B3n-de-ruido>
20. Gobierno Autónomo Descentralizado de Cuenca. (2022). Infraestructura de Datos Espaciales del GAD Municipal del Cantón Cuenca. <http://ide.cuenca.gob.ec/geoportall-web/index.jsf>
21. González, A., Jaramillo, A., Betancur, C., & Correa, M. (2009). Estudio comparativo entre las mediciones de ruido ambiental urbano a 1,5 m y 4m de altura sobre el nivel del piso en la ciudad de Medellín, Antioquía—Colombia. *Dyna*, 76(157), 71–79.
22. Instituto de Estudios de Régimen Seccional del Ecuador [IERSE]. (2022). Monitoreo de Ruido Ambiente en Cuenca—Ecuador. <https://ierse.uazuay.edu.ec/proyectos/ruido-continuo/>
23. Machuca Reyes, S. B., & Zárate Carrión, D. F. (2000). Contaminación acústica en el centro histórico de Cuenca. <http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/15724>
24. Martínez Gavilanes, J. M. (2020). Evaluación de la contaminación urbana por emisiones sonoras registradas con sonómetro y sensores remotos [Universidad del Azuay]. <http://dspace.uazuay.edu.ec/handle/datos/10273>
25. Maurya, A., Khanam, A., & Mohanty, M. (2022). Cleaner City Through Lesser Noise: Traffic Noise Modelling. *Recent Developments in Sustainable Infrastructure (ICRDSI-2020)—GEO-TRA-ENV-WRM*, 741–756. https://doi.org/10.1007/978-981-16-7509-6_58
26. Ministerio de Ambiente del Ecuador [MAE]. (2003). Texto Unificado de Legislación Secundaria de Medio Ambiente [Decreto Ejecutivo 3516]. Registro Oficial Edición Especial 2.
27. Ministerio de Ambiente del Ecuador [MAE]. (2015). Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria del Ministerio del Ambiente. Libro VI, Anexo 5 [Acuerdo Ministerial 097-A].

28. Naula Ávila, J. T., & Vásquez Condo, T. M. (2021). Validación del modelo Harmonoise para la predicción de ruido producido por el Tranvía 4 Ríos de Cuenca en el Centro Historico de Cuenca. <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/21467>
29. Organización Internacional de Estandarización. (1996). ISO 9613-2:1996 Acoustics— Attenuation of sound during propagation outdoors—Part 2: General method of calculation. <https://www.iso.org/standard/20649.html>
30. Ortega, C. F. T., Peralvo, F. S. C., & Walden, C. A. S. (2016). Modelación del ruido por tráfico vehicular en la calle Mariscal Lamar en la ciudad de Cuenca. *ACI Avances en Ciencias e Ingenierías*, 8(1), Article 1. <https://doi.org/10.18272/aci.v8i14.303>
31. Ortega, C. T., Peralvo, F. C., Gavilanes, J. M., Walden, C. S., & Inga, O. D. (2017). 3 Elaboración del mapa de ruido de las calles de la ciudad de Cuenca, a de partir de características viales y densidad de tráfico. *Universidad-Verdad*, 73, 39–49. <https://doi.org/10.33324/uv.v1i73.36>
32. Pérez González, E. (2010). “Niveles de contaminación acústica producida por diversas actividades en la calle vega Muñoz del centro histórico de la ciudad de Cuenca. Propuesta alternativa”. <https://repositorio.uteq.edu.ec/handle/43000/5465>
33. Quito Cómo Vamos. (2022). Informe de Calidad de Vida 2021.
34. Samaniego Placencia, P. A. (2015). Validación de técnicas de monitoreo para la estimación de contaminación acústica ambiental I en la ciudad de Cuenca. <http://dspace.uazuay.edu.ec/handle/datos/4640>
35. Sangurima-Coyago, A., Medina-Zambrano, M., Guerrero, M.-L., & Orellana-Vintimilla, D. (2020). Validación del uso de teléfonos inteligentes para medición de ruido ambiental urbano. *Maskana*, 11(2), 81–87. <https://doi.org/10.18537/mskn.11.02.08>
36. Sarlat, R. I. (2019). Contaminación acústica: Problema ambiental que vulnera el derecho humano a una vivienda digna y decorosa en la Ciudad de México. *DÍKÊ. Revista de Investigación en Derecho, Criminología y Consultoría Jurídica*, 26, Article 26. <https://doi.org/10.32399/rdk.0.26.861>
37. Thompson, R., Smith, R. B., Bou Karim, Y., Shen, C., Drummond, K., Teng, C., & Toledano, M. B. (2022). Noise pollution and human cognition: An updated systematic

review and meta-analysis of recent evidence. *Environment International*, 158, 106905.

<https://doi.org/10.1016/j.envint.2021.106905>

38. Zamorano González, B., Peña Cárdenas, F., Parra Sierra, V., Velázquez Narváez, Y., & Vargas Martínez, J. I. (2015). Contaminación por ruido en el centro histórico de Matamoros. *Acta Universitaria*, 25(5), 20–27. <https://doi.org/10.15174/au.2015.819>
39. Zamorano-González, B., Peña-Cárdenas, F., Velázquez-Narváez, Y., Vargas-Martínez, J. I., Parra-Sierra, V., Zamorano-González, B., Peña-Cárdenas, F., Velázquez-Narváez, Y., Vargas-Martínez, J. I., & Parra-Sierra, V. (2019). Contaminación por ruido y el tráfico vehicular en la frontera de México. *Entreciencias: diálogos en la sociedad del conocimiento*, 7(19), 27–35. <https://doi.org/10.22201/enesl.20078064e.2018.19.67506>

©2022 por los autores. Este artículo es de acceso abierto y distribuido según los términos y condiciones de la licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional (CC BY-NC-SA 4.0) (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>).