



Caracterización y mapeo del ruido ambiental en el casco urbano de Pebas, Loreto, Perú

Characterization and Mapping of Environmental Noise in the Urban Center of Pebas, Loreto, Peru

Caracterização e Mapeamento do Ruído Ambiental no Centro Urbano de Pebas, Loreto, Peru

ARTÍCULO ORIGINAL



Escanea en tu dispositivo móvil
o revisa este artículo en:
<https://doi.org/10.33996/revistaalfa.v9i25.329>

Luis Antonio Flores Flores

luis.flores@unapiquitos.edu.pe

Kosseth Marianella Bardales Grández

kosseth.bardales@unapiquitos.edu.pe

Arturo Seclén Medina

arturo.seclen@unapiquitos.edu.pe

Miguel Ángel Flores Flores

20220416@lamolina.edu.pe

Maria Enith Alva Chirinos

enithalvita@gmail.com

Universidad Nacional de la Amazonía Peruana. Iquitos, Perú

Artículo recibido: 7 de octubre 2024 / Arbitrado: 22 de noviembre 2024 / Publicado: 27 de enero 2025

RESUMEN

La contaminación acústica es un tema de creciente interés en la comunidad científica debido a sus efectos adversos en la salud humana. Se define como cualquier señal sonora no deseada que resulta molesta y cuya exposición prolongada puede afectar el bienestar de las personas, convirtiéndose en un contaminante ambiental. Este estudio se centró como objetivo caracterizar los niveles de ruido y elaborar un mapa del ruido ambiental en el distrito de Pebas, Perú. La investigación adoptó un enfoque cuantitativo, longitudinal y descriptivo, utilizando modelamiento por muestreo para evaluar la contaminación acústica en diferentes áreas urbanas. Los resultados mostraron diferencias significativas en los niveles de ruido: la Zona de Protección Especial registró un promedio de 58.28 dB, mientras que la Zona Residencial tuvo 54.58 dB, y la Zona Comercial alcanzó el nivel más alto con 66.67 dB. Estos niveles superan los límites recomendados por normativas ambientales, lo que plantea preocupaciones serias sobre la salud pública, siendo el tráfico vehicular la principal fuente de ruido identificado.

Palabras clave: Contaminación acústica; Niveles de ruido; Mapa del ruido; Salud pública; Tráfico vehicular

ABSTRACT

Noise pollution is a topic of growing interest in the scientific community due to its adverse effects on human health. It is defined as any unwanted sound signal that is bothersome and whose prolonged exposure can affect people's well-being, thus becoming an environmental pollutant. This study aimed to characterize noise levels and create a noise map of the urban district of Pebas, Peru. The research adopted a quantitative, longitudinal, and descriptive approach, using sampling modeling to assess acoustic pollution in different urban areas. The results showed significant differences in noise levels: the Special Protection Zone recorded an average of 58.28 dB, while the Residential Zone had 54.58 dB, and the Commercial Zone reached the highest level at 66.67 dB. These levels exceed the limits recommended by environmental regulations, raising serious concerns about public health, with vehicular traffic identified as the main source of noise.

Key words: Noise pollution; Noise levels; Noise map; Public health; Vehicular traffic

RESUMO

A poluição sonora é um tema de crescente interesse na comunidade científica devido aos seus efeitos adversos na saúde humana. É definida como qualquer sinal sonoro indesejado que é incômodo e cuja exposição prolongada pode afetar o bem-estar das pessoas, tornando-se assim um poluente ambiental. Este estudo teve como objetivo caracterizar os níveis de ruído e elaborar um mapa do ruído ambiental no distrito de Pebas, Peru. A pesquisa adotou uma abordagem quantitativa, longitudinal e descritiva, utilizando modelagem por amostragem para avaliar a poluição acústica em diferentes áreas urbanas. Os resultados mostraram diferenças significativas nos níveis de ruído: a Zona de Proteção Especial registrou uma média de 58,28 dB, enquanto a Zona Residencial teve 54,58 dB e a Zona Comercial alcançou o nível mais alto com 66,67 dB. Esses níveis superam os limites recomendados pelas normas ambientais, levantando sérias preocupações sobre a saúde pública, sendo o tráfego de veículos identificado como a principal fonte de ruído.

Palavras-chave: Níveis de ruído; Mapa do ruído; Saúde pública; Tráfego de veículos; Poluição sonora

INTRODUCCIÓN

Se denomina ruido a toda señal sonora no deseada, o cualquier sonido que oímos y que resulta molesto, cuya exposición prolongada afecta la salud de las personas, por lo que es considerado un contaminante atmosférico. Sus principales fuentes son: fuentes de ruido estáticas como: industrias, bares, comercios, actividades de construcción, entre otros y fuentes de ruido móviles como: transporte terrestre, aéreo, aeronáutico y ferroviario (1).

La exposición prolongada del ruido, está relacionada con enfermedades como: la hipertensión, cardiocirculatorias, trastornos del sueño (2,3), resultados desfavorables en el parto (4), en la comprensión, razonamiento y salud mental (5). También se relaciona con la diabetes (3). Además, el ruido es un contaminante relevante que ocasiona molestias con consecuencias negativas en el bienestar físico, social, fisiológico y psicológico del hombre o de los animales (6). No obstante, en la actualidad faltan estudios que evidencien los efectos perjudiciales del ruido en la salud humana y el ambiente.

Por otra parte, el crecimiento poblacional, los avances tecnológicos, la industrialización y la urbanización ha generado un aumento del ruido ambiental en grandes ciudades, originando incremento de la contaminación acústica en zonas urbanas, siendo la principal fuente de ruido el tráfico vehicular, por lo que es necesario emplear herramientas para caracterizarlo de acuerdo al

contexto real de cada ciudad, lo que involucra la clasificación, recuento vehicular para conocer el comportamiento del tráfico en entornos urbanos (7). Asimismo, se requiere como primera medida de vigilancia un monitoreo permanente del ruido y luego el uso de nuevas tecnologías (sensores acústicos) que permitan a las autoridades municipales el control y mitigación del mismo. De tal manera que los resultados de los niveles actuales de ruido de la ciudad se representen en mapas (6,8).

Precisamente, uno de los problemas ambientales más importantes en las ciudades de Europa es la contaminación acústica, relacionada al tráfico urbano, que afecta a aproximadamente el 60% de la población. Con el propósito de tratar esta problemática, la Directiva Europea 2002/49/CE propone la creación de mapas de ruido como herramienta para estimar la distribución espacial de su exposición. De tal manera que se publiquen cada cinco años y los consiguientes planes de acción. Con el fin de automatizar el proceso de vigilancia sobre este problema, varios proyectos pretenden implantar un sistema de elaboración de mapas mediante una red inalámbrica de sensores acústicos (9,10).

De esta forma, los mapas de ruido son herramientas muy útiles para generar información sobre la visualización de la contaminación acústica en el entorno urbano (11) y eficaces para evaluar el impacto del ruido de diversas fuentes (tráfico rodado, humanas, industriales, domésticas) sobre

poblaciones humanas, son representaciones cartográficas de la distribución del nivel de ruido en un área y un periodo de tiempo determinado (12). También, permitiría entender las actividades que incrementen el nivel sonoro. Además, es una herramienta de apoyo para los políticos en la toma de decisiones respecto a la contaminación acústica, mitigación y sus efectos en la salud pública (13). Del mismo modo, las cartografías se basan en conceptos de acústica geométrica que tienen en cuenta las principales características de la propagación del ruido y las condiciones meteorológicas (14).

Para monitorear el ruido en entornos urbanos y periféricos han surgido iniciativas que hacen uso de nuevas tecnologías como: de la WASN, en el proyecto SONYC, desarrollado en Nueva York con sensores acústico de bajo costo y un módulo Raspberry SBC (15). También, el proyecto DYNAMAP, desarrollado en Italia que obtiene mapas dinámicos del ruido para determinar el nivel de ruido en las avenidas de Roma y Milán a causa del tráfico vehicular. Asimismo, el proyecto CENSE, desarrollado en Francia, realiza mapas de ruido por medio de mediciones y simulaciones, haciendo uso de 150 sensores basados en micrófonos MEMS (Micro Electromechanical Systems) vinculado a la infraestructura pública y al Internet (16).

Por otro lado, los factores que influyen en la distribución de la contaminación acústica en el mundo son: diseño de la ciudad, planificación urbana, densidad urbana, morfología urbana,

volumen del tráfico, la distribución de los vehículos, condiciones del tráfico, distribución de las calles, entorno de las calles, las áreas verdes. dimensiones del desarrollo, actividades diarias, cultura y hábitos. En este sentido, un conocimiento adecuado de estas relaciones permitiría pronosticar estudiar, controlar y prevenir la contaminación acústica (5).

Para reducir el nivel del ruido en zonas urbanas se sugiere: utilizar pantallas y/o barreras acústicas para controlar la contaminación acústica; incrementar las zonas verdes; reducir el volumen del tráfico aumentando el control del mismo impidiendo la circulación de vehículos que no cumplan con las normas exigidas; revisión con mapas de ruido de zonas críticas y monitoreos continuos de ruido (17). También se sugiere la retirada de vehículos viejos y de obstáculos de carreteras, plantación de áreas verdes en espacios libres, control periódico del ruido en carreteras, sensibilizar a la población por medio de talleres sobre contaminación acústica y difusión en medios de comunicación (18).

Por su parte, en el Perú, un factor que influye en los elevados niveles de ruido es que el parque automovilístico peruano es muy antiguo (13 años) y desfasado a la vez genera también la contaminación del aire con gases y material particulado (19).

Por consiguiente, el presente estudio, tiene como objetivo caracterizar los niveles de ruido y elaborar el mapa del ruido ambiental del casco urbano del distrito de Pebas.

MATERIALES Y MÉTODOS

La presente investigación se desarrolló bajo un enfoque cuantitativo, de corte longitudinal y de alcance descriptivo. La ejecución de la investigación tuvo lugar en el casco urbano de la ciudad de Pebas, ubicadas entre las coordenadas 181906E/9633024N al norte, al este 182763E/9632517N, al oeste 181378E/9632637N

y al sur 181910E/9632250N, zona 19 S, localizado en la provincia de Mariscal Ramón Castilla del departamento de Loreto, cuya superficie es de 11595,00 km², población censada hasta el 2017 es de 11079 habitantes entre mujeres (5310) y hombres (5769), la población urbana asciende a 3788 y la población rural en 7291, su altitud media de 101 m.s.n.m Figura 1.



Figura 1. Vista general del casco urbano de Pebas. Fuente: Google Earth Pro, version 7.3.6.9345.

Por otra parte, la elección de los días de estudio se basó en la consideración de evitar alteraciones significativas en las condiciones de movilidad y factor climático en todo el casco urbano. Se optó por los días lunes, miércoles y viernes. En cuanto a los horarios, se tuvo en cuenta la necesidad de obtener lecturas de ruido en un momento del día en cada ubicación. Se variaron los

periodos de medición entre las 7:00 a.m. y las 4:00 p.m. Se establecieron un horario de medición. Esta combinación aseguró una cobertura uniforme a lo largo del día, como se detalla en la Tabla 1. Las mediciones de ruido y los estudios de tránsito se llevaron a cabo durante una semana en el mes de agosto del 2023.

Tabla 1. Estaciones de monitorio y día ejecutado.

Estación	Este	Norte	Altitud	Día
MDP-P-01	181825	9632392	168	LUNES
MDP-P-02	181942	9632369	169	LUNES
MDP-P-03	182050	9632350	170	LUNES
MDP-P-04	182187	9632315	171	LUNES
MDP-P-05	182175	9632354	172	LUNES
MDP-P-06	182149	9632322	173	LUNES
MDP-P-07	182307	9632273	174	LUNES
MDP-P-08	182375	9632268	175	LUNES
MDP-P-09	182520	9632242	176	LUNES
MDP-P-10	182089	9632426	177	LUNES
MDP-P-11	181997	9632505	178	LUNES
MDP-P-12	181969	9632474	179	LUNES
MDP-P-13	181939	9632493	180	LUNES
MDP-P-14	181927	9632534	181	LUNES
MDP-P-15	181965	9632545	182	LUNES
MDP-P-16	182079	9632580	183	MIERCOLES
MDP-P-17	182116	9632505	184	MIERCOLES
MDP-P-18	182018	9632706	185	MIERCOLES
MDP-P-19	182092	9632731	186	MIERCOLES
MDP-P-20	182125	9632623	187	MIERCOLES
MDP-P-21	182526	9632892	188	MIERCOLES
MDP-P-22	182587	9632910	189	MIERCOLES
MDP-P-23	182756	9632948	190	MIERCOLES
MDP-P-24	182422	9632840	191	MIERCOLES
MDP-P-25	182486	9632715	192	MIERCOLES
MDP-P-26	182281	9632761	193	MIERCOLES
MDP-P-27	181386	9632474	198	MIERCOLES
MDP-P-28	181538	9632441	199	MIERCOLES
MDP-P-29	181696	9632414	200	MIERCOLES
MDP-P-30	181549	9632512	201	MIERCOLES
MDP-P-31	181699	9632560	202	VIERNES
MDP-P-32	181828	9632566	203	VIERNES
MDP-P-33	181838	9632683	204	VIERNES
MDP-P-34	181827	9632806	205	VIERNES
MDP-P-35	181765	9632836	206	VIERNES
MDP-P-36	181805	9632930	207	VIERNES
MDP-P-37	181873	9632896	208	VIERNES
MDP-P-38	181914	9632998	209	VIERNES

Estación	Este	Norte	Altitud	Día
MDP-P-39	182082	9632912	210	VIERNES
MDP-P-40	182159	9632911	211	VIERNES
MDP-P-41	181975	9632857	212	VIERNES
MDP-P-42	182186	9632773	213	VIERNES
MDP-P-43	182239	9632719	214	VIERNES
MDP-P-44	182324	9632619	215	VIERNES
MDP-P-45	181907	9632261	216	VIERNES

Con relación al muestreo, este procedimiento se comenzó con la lista de verificación del instrumento de medición y sus accesorios, luego se verificó que el equipo tenga una lectura cercana al valor de referencia (94 dB) del pistófono, de no ser así se tuvo que realizar el ajuste, para nuestro caso el valor verificado fue de 93.7 dB, siendo apropiado la diferencia entre el valor de referencia y el medido, que no debe exceder 0.5 dB. Para el control del ruido ambiental se empleó un sonómetro de clase 1 de la marca Cirrus, modelo CR-171B, con Certificado de Calibración N° M-CCP-1335-015-22 de fecha 22 de noviembre de 2022, estando aún dentro de su periodo de vigencia.

Asimismo, se midió la operatividad del equipo, determinando el rango dinámico para las mediciones se realiza de 20 dB hasta 140 dB, cuya ponderación utilizada es la "A", por ser frecuencias audibles para reflejar el oído humano, cuya ponderación de tiempo fue rápido, conocido como tiempo Fast "F", una altura entre 1.2 m a 1.5 m, por ser la altura promedio del oído de las personas en Perú, el intervalo de medición realizado fue de 10 minutos, por el periodo

de una semana, adicionalmente, se tomó en consideración un indicador los vehículos como motos lineales, motokar y motofurgones utilizados para transportar carga y pasajeros, no obstante, considerar algunas carpinterías, bares, actividades domésticas y comerciales.

Por último se empleó como procedimiento el modelamiento por muestreo, el cual consiste en estudiar la contaminación por ruido ambiental por áreas o núcleos urbanos, basados en la realización de una serie de mediciones directas en un tiempo determinado, utilizando grillas de determinados tamaños según el procedimiento de muestreo, para nuestro caso fue el método de cuadrícula, que consistió en realizar grilla de 50 m x 50 m en el área de estudio, para luego establecer los puntos de monitoreo, una vez obtenido los puntos se procedió al levantamiento de información en campo, los datos recogidos se llevó la información a un archivo excel donde se ingresó la data cruda para luego esta información ser exportada al QGIS donde se realiza diferente proceso para la impresión final del mapa con el modelamiento del ruido ambiental.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se llevó a cabo el monitoreo de la calidad ambiental de ruido, para evaluar los decibeles existentes en el casco urbano del distrito de Pebas. El estudio incluyó tres etapas, la primera fue monitorear la zona comercial, el segunda una zona residencial y la tercera zona de protección especial.

Los resultados de la Tabla 2, sobre los niveles de ruido en una zona de protección especial muestran variaciones entre diferentes estaciones de medición. Las estaciones MDP-P-39 y MDP-P-16

registran los niveles máximos, alcanzando 90.8 dBA y 83.5 dBA, respectivamente, lo que indica una posible violación de los estándares de calidad acústica establecidos. Por otro lado, la estación MDP-P-25 presenta el nivel más bajo con 60.2 dBA, pero aun así supera el límite permitido. Estos datos sugieren una preocupación por la exposición al ruido en estas áreas, lo que puede afectar la salud y el bienestar de las personas que transitan o residen en ellas.

Tabla 2. Niveles de ruido para una zona de protección especial.

Estación	Este	Norte	Max	Eq	Min	Altitud
MDP-P-16	182079	9632580	83.5	64.4	48.3	183
MDP-P-18	182018	9632706	83.2	61.7	39.2	185
MDP-P-19	182092	9632731	72.1	55.7	37.5	186
MDP-P-20	182125	9632623	79.9	61.6	41.1	187
MDP-P-21	182526	9632892	76.9	59.6	40.1	188
MDP-P-22	182587	9632910	82.3	64.9	28.6	189
MDP-P-24	182422	9632840	73.0	55.6	34.5	191
MDP-P-25	182486	9632715	60.2	41.2	30.9	192
MDP-P-26	182281	9632761	80.5	62.3	40.4	193
MDP-P-32	181828	9632566	78.3	61.5	44.6	203
MDP-P-39	182082	9632912	90.8	60.3	35.9	210
MDP-P-40	182159	9632911	67.1	50.6	35.7	211

Nota: Resultados obtenido de una semana de medición.

La evaluación realizada para esta zona de protección especial en comparación de del estándar de calidad podemos observar que once de doce muestras superan el valor de 50 decibeles.

Los resultados de la Tabla 3, sobre los niveles de ruido en una zona residencial revelan variaciones notables entre las diferentes

estaciones de medición. La estación MDP-P-11 reporta el nivel máximo de 92.8 dBA, lo que supera considerablemente los límites recomendados para áreas residenciales. Otras estaciones, como MDP-P-43 y MDP-P-09, también presentan niveles elevados de 88.8 dBA y 83.4 dBA, respectivamente. En contraste, las estaciones

MDP-P-27 y MDP-P-23 muestran los niveles más bajos, con 57.3 dBA y 61.1 dBA, aunque aún por encima del umbral deseable. Estos resultados

indican una preocupación por la calidad acústica en la zona, lo que podría afectar la calidad de vida de los residentes.

Tabla 3. Niveles de ruido para una zona residencial.

Estación	Este	Norte	Max	Eq	Min	Altitud
MDP-P-07	182307	9632273	73.3	56.0	38.5	174
MDP-P-08	182375	9632268	76.5	53.4	34.4	175
MDP-P-09	182520	9632242	83.4	63.3	35.3	176
MDP-P-11	181997	9632505	92.8	65.1	45.0	178
MDP-P-12	181969	9632474	79.2	60.2	45.3	179
MDP-P-13	181939	9632493	77.4	59.5	42.6	180
MDP-P-14	181927	9632534	75.6	54.2	47.4	181
MDP-P-15	181965	9632545	73.9	55.6	46.0	182
MDP-P-17	182116	9632505	68.5	47.0	34.0	184
MDP-P-23	182756	9632948	61.1	39.0	27.0	190
MDP-P-27	181386	9632474	57.3	43.8	32	198
MDP-P-28	181538	9632441	74.2	57.2	37.7	199
MDP-P-29	181696	9632414	77.2	58.5	35.7	200
MDP-P-30	181549	9632512	75.2	60.5	38.3	201
MDP-P-31	181699	9632560	61.5	44.2	34.8	202
MDP-P-33	181838	9632683	86.8	57.1	37.5	204
MDP-P-34	181827	9632806	69	53.4	45.1	205
MDP-P-35	181765	9632836	68.1	55.6	39.4	206
MDP-P-36	181805	9632930	61.9	51.1	41.4	207
MDP-P-37	181873	9632896	68.2	51	40.2	208
MDP-P-38	181914	9632998	59.8	53.4	42.7	209
MDP-P-41	181975	9632857	92.6	66.3	43.1	212
MDP-P-42	182186	9632773	66.4	48.5	36.3	213
MDP-P-43	182239	9632719	88.8	64.8	40.8	214
MDP-P-44	182324	9632619	69.4	50.6	35.2	215
MDP-P-45	181907	9632261	63.6	49.9	41.8	216

Nota: Resultados obtenido de una semana de medición.

La evaluación realizada para esta zona residencial en comparación de del estándar de calidad podemos observar que seis de veinte seis muestras superan el valor de 60 Db.

Los resultados de la Tabla 4, sobre los niveles de ruido en una zona comercial se muestran considerablemente altos, reflejando la actividad

típica de estas áreas. La estación MDP-P-02 registra el nivel máximo de 95.2 dB, lo que indica un entorno ruidoso que podría afectar la comodidad de los consumidores y trabajadores. Otras estaciones, como MDP-P-05 y MDP-P-01, también presentan niveles elevados de 93.7 dB y 82.2 dB, respectivamente. Sin embargo, las

estaciones MDP-P-10 y MDP-P-06 reportan valores más bajos, de 77.7 dB y 81.0 dB. En general, estos datos sugieren que las zonas comerciales pueden experimentar niveles de ruido que superan las

recomendaciones para ambientes saludables, lo que podría tener implicaciones para la salud auditiva y el bienestar general de las personas en estas áreas.

Tabla 4. Niveles de ruido para una zona de comercial.

Estación	Este	Norte	Max	Eq	Min	Altitud
MDP-P-01	181825	9632392	82.2	66.7	50.1	168
MDP-P-02	181942	9632369	95.2	70.2	46.3	169
MDP-P-03	182050	9632350	83.0	64.5	47.1	170
MDP-P-04	182187	9632315	83.9	65.4	41.7	171
MDP-P-05	182175	9632354	93.7	72.2	42.7	172
MDP-P-06	182149	9632322	81.0	67.8	46.0	173
MDP-P-10	182089	9632426	77.7	59.9	44.5	177

Nota: Resultados obtenido de una semana de medición.

La evaluación realizada para esta zona comercial en comparación de del estándar de calidad podemos observar que dos de siete muestras superan el valor de 70 decibeles.

La muestra evaluada reveló diferencias significativas en las puntuaciones medias del nivel de ruido ambiental entre las distintas zonas analizadas. En la zona de protección especial, se registró una media de 58.28 con una desviación estándar de 6.748, lo que indica una variabilidad

moderada en las mediciones. En contraste, la zona residencial mostró una media más baja de 54.58 y una desviación estándar de 6.871, sugiriendo que las puntuaciones están relativamente agrupadas alrededor de la media. Por otro lado, la zona comercial presentó la media más alta con 66.67 y una desviación estándar de 4.010, lo que sugiere menor variabilidad en los datos. Estos resultados reflejan cómo el entorno influye en la percepción del ruido ambiental en cada zona Tabla 5.

Tabla 5. Estadísticos descriptivos para una muestra.

	N	Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio
Zona de protección especial				
Protección Especial	12	58.28	6.748	1.948
Zona residencial				
Residencial	26	54.58	6.871	1.347
Zona comercial				
Comercial	7	66.67	4.010	1.516

Los resultados de la Tabla 5, indican que la muestra normativa evaluada en la zona de protección especial presenta una diferencia significativa en los niveles de decibeles, superando el valor de referencia establecido en 50 dB. La prueba t reveló un valor de $t(11) = 4.25$ con un nivel de significancia $p < 0.001$, lo que sugiere que los niveles de ruido son considerablemente más altos en esta zona. En concreto, se observó que los decibeles exceden el valor de referencia en 8.28 dB, con un intervalo de confianza del 95% que oscila entre 4.00 y 12.57 dB, lo que refuerza la conclusión de que el ruido ambiental es un problema significativo en esta área.

En contraste, la zona residencial mostró un valor t de -4.019 y una significancia $p < 0.000$, indicando que los niveles de ruido son significativamente más bajos, con una diferencia media de -5.415 dB. El intervalo de confianza para esta diferencia se encuentra entre -8.19 y -2.64, lo que sugiere que las condiciones son más favorables para el bienestar auditivo en esta zona. Por otro lado, la zona comercial presentó un valor t de -2.196 con $p = 0.070$, lo que indica una tendencia hacia niveles más bajos de ruido, aunque no alcanza el umbral de significancia estadística convencional. Esto sugiere que, aunque hay una diferencia, no es lo suficientemente fuerte como para considerarse estadísticamente significativa en este análisis.

Tabla 6. Estadísticos descriptivos para una muestra.

Valor de prueba = 50	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
					Inferior	Superior
Zona de protección especial						
Protección Especial	4.252	11	0.001	8.283	4.00	12.57
Zona residencial						
Residencial	-4.019	25	0.000	-5.415	-8.19	-2.64
Zona comercial						
Comercial	-2.196	6	0.070	-3.329	-7.04	0.38

Nota: Resultado en comparación del ECA.

El mapa utiliza curvas de nivel para representar los diferentes niveles de ruido, con tonalidades que van desde el verde (menor ruido) hasta el rojo (mayor ruido). Se pueden observar diversas zonas con concentraciones de ruido, asociadas a tráfico vehicular u otras fuentes de contaminación

acústica. Además, se incluyen tres fotografías que parecen representar el entorno urbano del distrito. Esta cartografía proporciona una representación visual de los niveles de contaminación acústica en Pebas, con el fin de identificar y analizar las áreas más afectadas.

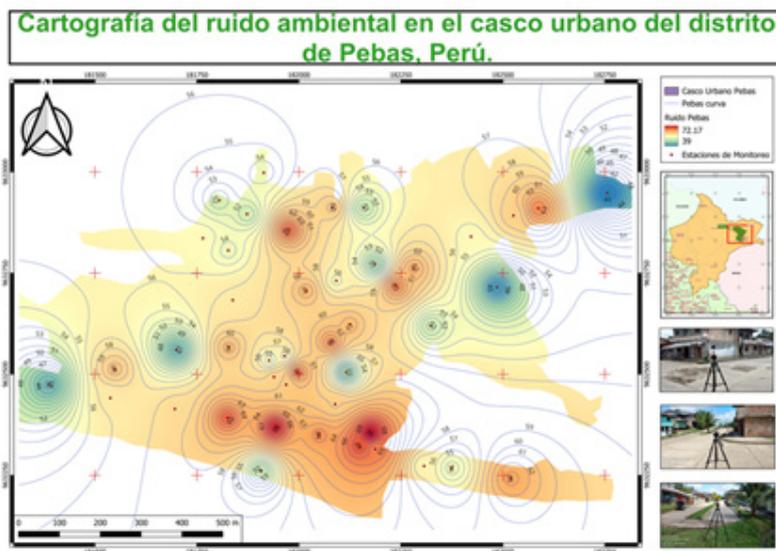


Figura 1. Modelamiento del ruido ambiental.

Discusión

El presente estudio sobre la caracterización y cartografía del ruido ambiental en el casco urbano del distrito de Pebas en Loreto, Perú, proporciona una visión detallada sobre la contaminación acústica, un problema creciente en muchas ciudades del mundo. Los resultados obtenidos indican que los niveles de ruido en Pebas superan los estándares establecidos por las normativas ambientales, lo que plantea serias preocupaciones sobre la salud pública y el bienestar de sus habitantes (20). En este contexto, es fundamental entender la magnitud del problema y sus implicaciones, así como las posibles estrategias de mitigación que podrían implementarse para abordar esta situación. La identificación de las principales fuentes de ruido es el primer paso hacia la formulación de políticas efectivas que puedan mejorar la calidad de vida de los residentes (21).

Al comparar estos resultados con estudios anteriores, se observa que la relación entre el tráfico vehicular y la contaminación acústica se mantiene constante en diversas localidades. Por ejemplo, Peixoto (22), realizaron un estudio en Brasil donde documentaron altos niveles de ruido en la ciudad de Fortaleza en el nordeste de Brasil, destacando el impacto del tráfico como fuente de contaminación y proporcionan valiosos conocimientos sobre cómo los diferentes materiales de pavimento y las estrategias de gestión del tráfico para influir en los niveles de ruido en áreas urbanas, abogando por un enfoque holístico en la planificación urbana que priorice tanto la movilidad como la calidad ambiental. De manera similar, en Pebas, el tráfico vehicular se identificó como la principal causa de los altos niveles de ruido, lo que sugiere que, independientemente del tamaño de la ciudad, el tráfico sigue siendo un factor determinante

en la contaminación acústica. Esta constatación para Orozco (23), es especialmente relevante en el contexto actual, donde el crecimiento urbano y el aumento del parque automovilístico son fenómenos comunes en muchas regiones del mundo, lo que agrava aún más el problema de la contaminación acústica.

En contraste, estudios realizados en ciudades más grandes, como el análisis de Murphy (1), revelaron que las actividades industriales y comerciales también contribuyen significativamente a la contaminación acústica. En el caso de Pebas, el impacto de estas actividades es menor, lo que resalta una diferencia clave: mientras que las grandes urbes enfrentan una combinación de fuentes de ruido, las ciudades más pequeñas pueden ver el tráfico como el principal responsable. Esta diferencia subraya la importancia de personalizar las estrategias de mitigación del ruido en función del contexto urbano. Por lo tanto, es vital que las políticas públicas se adapten a las características específicas de cada localidad, considerando no solo las fuentes de ruido, sino también el comportamiento de la población y el uso del suelo en el área (24).

Los niveles de ruido documentados en este estudio están alineados con investigaciones que han vinculado la exposición prolongada al ruido con efectos adversos para la salud. En esta dirección, Hernández (2) encontraron que la exposición al ruido está relacionada con problemas de salud como hipertensión, trastornos del sueño

y enfermedades cardiovasculares. En Pebas, los resultados indican que los niveles de ruido superan los umbrales recomendados, lo que podría tener implicaciones significativas para la salud de la población. La identificación de estos puntos críticos es crucial para el desarrollo de políticas públicas que aborden la contaminación acústica y protejan a los ciudadanos. Además, es importante que se realicen estudios adicionales que evalúen el impacto del ruido en la salud a largo plazo, ya que esto podría proporcionar datos valiosos para la formulación de estrategias de intervención.

La necesidad de implementar estrategias de mitigación efectivas se hace evidente a partir de los resultados obtenidos. En estudios como el de Rodríguez-Manzo (18), se sugieren varias medidas para reducir el ruido en áreas urbanas, como la instalación de barreras acústicas, el aumento de zonas verdes y la regulación del tráfico. En Pebas, estas estrategias podrían ser igualmente efectivas, pero requieren un enfoque adaptado a las características locales. Por ejemplo, la creación de zonas verdes no solo podría ayudar a reducir el ruido, sino que también podría mejorar la calidad de vida de los residentes al proporcionar espacios recreativos (20). Asimismo, la implementación de barreras acústicas en puntos críticos, especialmente cerca de áreas residenciales y educativas, podría ser una medida eficaz para reducir la exposición al ruido, contribuyendo así a un entorno más saludable y sostenible.

Además, el uso de tecnologías modernas, como sensores acústicos para el monitoreo continuo del ruido, podría facilitar la recolección de datos en tiempo real y permitir una respuesta más rápida a los problemas de contaminación acústica (16). La implementación de un sistema similar en Pebas podría ser beneficioso, permitiendo a las autoridades locales tener un control más preciso sobre los niveles de ruido y actuar de manera proactiva para mitigar sus efectos. Esto no solo ayudaría a mejorar la calidad del ambiente sonoro, sino que también podría fortalecer la confianza de la comunidad en la capacidad de sus autoridades para gestionar el problema del ruido.

Otro aspecto importante que debe abordarse es la educación y la sensibilización de la población sobre los efectos del ruido ambiental (25–27). En Pebas, se podrían organizar talleres y campañas informativas para educar a los ciudadanos sobre cómo reducir el ruido en su entorno y fomentar prácticas que minimicen su impacto. Involucrar a los residentes en el proceso de toma de decisiones puede aumentar la efectividad de las medidas adoptadas y fomentar un sentido de responsabilidad compartida hacia la reducción de la contaminación acústica.

A pesar de la relevancia de los hallazgos, es importante reconocer las limitaciones de este estudio. La investigación se centró en un periodo específico y en un número limitado de puntos de medición, lo que podría no representar

completamente la variabilidad del ruido en diferentes momentos del año o en diferentes condiciones climáticas. Estudios futuros deberían considerar una mayor cantidad de datos a lo largo del tiempo, así como la inclusión de más puntos de monitoreo para obtener una visión más completa de la contaminación acústica en Pebas. Además, la metodología utilizada para la recolección de datos, aunque rigurosa, podría beneficiarse de la inclusión de otras técnicas, como encuestas a los residentes sobre su percepción del ruido y su impacto en la calidad de vida (28). Esto permitiría una comprensión más holística de cómo la contaminación acústica afecta a la comunidad.

Finalmente, los resultados de este estudio subrayan la urgencia de abordar la contaminación acústica en Pebas. La identificación de niveles de ruido que superan los estándares recomendados, especialmente en zonas críticas, plantea serias preocupaciones sobre la salud pública. Al comparar estos hallazgos con investigaciones previas, se evidencia que el tráfico vehicular es una fuente común de contaminación acústica, independientemente del tamaño de la ciudad (29). Las estrategias de mitigación deben ser adaptadas al contexto local y deben incluir la participación de la comunidad, así como la implementación de tecnologías modernas para el monitoreo del ruido. Finalmente, la educación y la sensibilización de la población son cruciales para fomentar un entorno más saludable y sostenible.

CONCLUSIONES

El estudio sobre la contaminación acústica en el distrito de Pebas revela que los niveles de ruido superan los límites recomendados por las normativas ambientales, lo que plantea serias preocupaciones para la salud pública y el bienestar de los residentes. Se identificó el tráfico vehicular como la principal fuente de ruido, similar a lo observado en otras investigaciones en contextos urbanos. Las implicaciones para la salud, que incluyen problemas como hipertensión y trastornos del sueño, subrayan la necesidad urgente de implementar estrategias de mitigación adaptadas a las características locales. Esto incluye la creación de zonas verdes, la instalación de barreras acústicas y la sensibilización de la comunidad sobre los efectos del ruido. Además, se sugiere la adopción de tecnologías de monitoreo continuo para una gestión más efectiva del ruido. En conjunto, estas acciones son esenciales para mejorar la calidad de vida en Pebas y proteger la salud de sus habitantes.

CONFLICTO DE INTERESES. Los autores declaran que no existe conflicto de intereses para la publicación del presente artículo científico.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Murphy E, King E. Environmental Noise Pollution, Noise Mapping, Public Health, and Policy. ELSEVIER; 2022. 368 p. <https://lc.cx/YNomc7>
2. Hernández O, Hernández G, López E. Ruido y salud. Rev Cuba Med Mil. 2019; 48(4). <https://lc.cx/eqUGH2>
3. Van Kempen E, Casas M, Pershagen G, Foraster M. WHO Environmental Noise Guidelines for the European Region: A Systematic Review on Environmental Noise and Cardiovascular and Metabolic Effects: A Summary. Int J Environ Res Public Health. 2018; 15(2):379. <https://lc.cx/FlpXs9>
4. Nieuwenhuijsen M, Ristovska G, Dadvand P. WHO Environmental Noise Guidelines for the European Region: A Systematic Review on Environmental Noise and Adverse Birth Outcomes. Int J Environ Res Public Health. 2017; 14(10):1252. <https://lc.cx/9Legq5>
5. Clark C, Paunovic K. WHO Environmental Noise Guidelines for the European Region: A Systematic Review on Environmental Noise and Quality of Life, Wellbeing and Mental Health. Int J Environ Res Public Health. 2018; 15(11):2400. <https://lc.cx/axSd13>
6. Kpang M, Dollah O. Monitoring noise level in cities: A step towards urban environmental quality management in Nigeria. World J Adv Res Rev. 2021; 10(3):348-57. <https://lc.cx/QxsYhE>
7. Agudelo O, Marín C, Crespo R. Sound measurement and automatic vehicle classification and counting applied to road traffic noise characterization. Soft Comput. 2021; 25(18):12075-87. <https://lc.cx/VqECpT>
8. Abeßer J, Götze M, Clauß T, Zapf D, Kühn C, Lukashevich H, et al. Urban Noise Monitoring in the Stadtlärm Project - A Field Report. 2019. <https://lc.cx/17be6i>
9. Domazetovska S, Anachkova M, Gavriloski V, Petreski Z. Influence of the traffic flow in urban noise pollution. INTER-NOISE NOISE-CON Congr Conf Proc. 2020; 261(4):2088-96. <https://lc.cx/HOzE5b>
10. Orga F, Alías F, Alsina-Pagès R. On the Impact of Anomalous Noise Events on Road Traffic Noise Mapping in Urban and Suburban Environments. Int J Environ Res Public Health. 2018; 15(1):13. <https://lc.cx/zRAKnA>

11. Zannin P, Engel M, Fiedler P, Bunn F. Characterization of environmental noise based on noise measurements, noise mapping and interviews: A case study at a university campus in Brazil. *Cities*. 2013; 31:317-27. <https://lc.cx/aLERvx>
12. Alademomi A, Okolie C, Ojebibile B, Daramola O, Onyegbula J, Adepo R, et al. Spatial and Statistical Analysis of Environmental Noise Levels in the Main Campus of the University of Lagos. *J Eng Res TJER*. 2020; 17(2):75-88. <https://lc.cx/Wo91PB>
13. Alsina-Pagès R, Garcia R, Vilella M, Pons M. Noise Events Monitoring for Urban and Mobility Planning in Andorra la Vella and Escaldes-Engordany. *Environments*. 2019; 6(2):24. <https://lc.cx/LSXbbL>
14. Ziv A, Solov'eva E. Approximate noise maps as instrument for evaluation of the city environment quality. *Noise Mapp*. 2021; 8(1):260-7. <https://lc.cx/FPm7vU>
15. Mydlarz C, Sharma M, Lockerman Y, Steers B, Silva C, Bello J. The Life of a New York City Noise Sensor Network. *Sensors*. 2019; 19(6):1415. <https://lc.cx/PBpqnj>
16. Lozano R, Hernández S. Revisión al estado del arte de la modelación geoespacial del ruido por tráfico de carreteras. *Rev Cuba Transform Digit*. 2022; 3(2). <https://acortar.link/R8F78V>
17. Forouhid A, Khosravi S, Mahmoudi J. Noise Pollution Analysis Using Geographic Information System, Agglomerative Hierarchical Clustering and Principal Component Analysis in Urban Sustainability (Case Study: Tehran). *Sustainability*. 2023; 15(3): <https://acortar.link/g4EGuQ>
18. Rodríguez-Manzo F, Vargas E, Rivera L, Ruiz G. Ruido ambiental y políticas públicas. Un presente y hacia el futuro en Azcapotzalco. *Espac Rev Temas Contemp Sobre Lugares Política Cult*. 2015; 6(1):72-103. <https://acortar.link/Mga9ZB>
19. García-Rivero A, Yuli-Posadas R, Romero W, Sánchez-Ccoyllo O, Bulege-Gutierrez W, Tasayco H, et al. Daytime perimeter environmental noise in the vicinity of four hospitals in the city of Lima, Peru. *Noise Mapp*. 2020; 7(1):239-47. <https://acortar.link/wY4qjT>
20. WHO. Environmental noise guidelines for the European Region. Copenhagen Ø, Denmark; 2018. (Publications). <https://acortar.link/msgDo3>
21. Maya G, Correa O, Gómez M. Gestión para la prevención y mitigación del ruido urbano. *Prod Limpia*. enero de 2010; 5(1):75-94. <https://acortar.link/Uzx5R9>
22. Peixoto N de M, Alecrim C, Pinheiro G, Castelo Branco V, Zannin P. Noise mapping and acoustic evaluation of different pavements in the city of Fortaleza, northeast Brazil. *INTER-NOISE NOISE-CON Congr Conf Proc*. 2023; 265(4):3309-20. <https://acortar.link/uPAWDH>
23. Orozco C, Aguirre F. Contaminación acústica y sus efectos en la calidad ambiental del espacio urbano. *Tecnogestión Una Mirada Al Ambiente*. 2023; 20(1):114-45. <https://lc.cx/qxpSvz>
24. Alfie M, Salinas O. Ruido en la ciudad. Contaminación auditiva y ciudad caminable. *Estud Demográficos Urbanos*. 2017; 32(1):65-96. <https://lc.cx/vyLKlt>
25. Bendezú S, Ríos A. Contaminación sonora y su efecto en la salud de los habitantes alrededor de la estación Naranjal durante la pandemia, Independencia, 2021. *Repos Inst - UCV*. 2021; <https://lc.cx/C03sQO>
26. Giraldo L. Diseño y aplicación de estrategias para la prevención y control del ruido, por medio de un diagnóstico de la contaminación acústica en las zonas de influencia de los establecimientos comerciales de venta y consumo de licor, en el municipio de Puerto Asís, departamento de Putumayo. *Universidad Autónoma del Cauca. Facultad de Ciencias Ambientales y Desarrollo Sostenible. Programa de Ingeniería Ambiental y Sanitaria*; 2017. <https://lc.cx/GU5lil>
27. Bernedo F. La contaminación sonora y sus efectos en la salud de la población de la ciudad de Arequipa. *Repos Inst - UCV*. 2021; <https://lc.cx/6BbdZB>

28. Marmolejo-Duarte C. La incidencia de la percepción del ruido ambiental sobre la formación espacial de los valores residenciales: un análisis para Barcelona. Rev Constr. 2008; 7(1):4-19. <https://lc.cx/vErHUu>

29. Guzmán-Piñeiro R, Barceló-Pérez C. Estimación de la contaminación sonora del tránsito en Ciudad de La Habana, 2006. Rev Cuba Hig Epidemiol. septiembre de 2008; 46(2):1-13. <https://lc.cx/9-NOVh>

ACERCA DE LOS AUTORES

Luis Antonio Flores Flores. Doctor en Ingeniería Ambiental, Universidad Nacional de Trujillo. Maestro en Ciencias Tecnológicas Ambientales con mención en Industrias del Petróleo y Medio Ambiente. Ingeniero Químico y docente por la Universidad Nacional de la Amazonía Peruana. Especialista Ambiental, por el Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental. Autor de investigaciones.

Arturo Seclén Medina. Doctor en Ciencias Empresariales. Maestro en Docencia en Investigación Universitaria por la Universidad Nacional de la Amazonía Peruana. Licenciado en Física Pura, Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo; Licenciado en Matemática y Física, Universidad Científica del Perú. Experiencia en Docencia a Nivel Pregrado y Postgrado. Autor de investigaciones.

Koseth Marianella Bardales Grández. Doctora en Ingeniería Química Ambiental por la "UNT". Magister en Ecología y Desarrollo Sostenible por la "UNAP". Experiencia como docente en la UNAP. Autora de investigaciones.

Miguel Ángel Flores Flores. Maestro en Ciencias, mención en Salud Pública, Universidad Nacional de Cajamarca. Licenciado en Bromatología y Nutrición humano, Universidad Nacional de la Amazonía Peruana. Experiencia en Salud Pública en la Dirección de Redes Integradas de Lima Centro y Lima Sur. Autor de investigaciones.

Maria Enith Alva Chirinos. Egresada de la Maestría en Gestión Ambiental, Universidad Nacional de la Amazonía Peruana. Bióloga por la Universidad Nacional de la Amazonía Peruana, con experiencia estudio de monitoreo ambiental de fauna silvestre y fiscalización ambiental. Autora de investigaciones.