

Caso de estudio Ilo, Perú: niveles de ruido urbano en zonas costeras¹

Marck Ítalo Mamani Flores², Marco Alexis Vera Zúñiga³, Miriam Ninfa Cahuana Aguilar⁴

Resumen

Introducción: el problema de la contaminación acústica es de carácter generalizado, puesto que gran parte de la población mundial puede estar expuesta a niveles de ruido que resultan ser perjudiciales para la salud. **Objetivo:** determinar los niveles de ruido urbano en la cercanía de algunas áreas residenciales en la ciudad de Ilo. **Materiales y métodos:** la investigación fue de tipo descriptiva no experimental, se establecieron diez sitios de muestreo, de los cuales nueve se encontraban cerca a instituciones educativas. El estudio siguió la metodología establecida por el Ministerio del Ambiente en el año 2013 (Protocolo Nacional de Monitoreo de Ruido Ambiental) y las normas ISO 1996. **Resultados:** los resultados obtenidos en esta investigación

indican categóricamente que los niveles de ruido en los distintos puntos de medición en Ilo están por encima de los valores establecidos por los ECA, los valores recomendados por la OMS y los dictados por la municipalidad provincial de Ilo. **Conclusiones:** tomando en cuenta la normativa establecida por los organismos internacionales, los resultados obtenidos en esta investigación evidencian que la población residenciada y que hace vida pública en las zonas monitoreadas están expuestas a niveles de ruido ambiental altos y muy altos en el intervalo de 74,66 a 86,51 dB en la franja horaria nocturna, y en el intervalo 67,15 a 82,35 dB en la franja horaria nocturna.

Palabras clave: ruido urbano; contaminación sonora; ciudades costeras; Ilo; deterioro ambiental.

- 1 Artículo original resultado de trabajo de tesis *Determinación de niveles de ruido urbano en zonas aledañas a instituciones educativas en el distrito de Ilo* desarrollado en la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental de la Universidad Nacional de Moquegua (Perú). Ejecutado entre febrero y abril del 2021, financiado por los autores.
- 2 Ingeniero ambiental de la municipalidad provincial de Ilo, Perú. Correo: marckmafloa@gmail.com. Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-6197-4552>.
- 3 Magíster en Tecnologías de Protección Ambiental de la Universidad Nacional de Moquegua, Perú. Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-2014-2845>.
- 4 Magíster en Gestión Pública de la Universidad José Carlos Mariátegui, Perú. Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-7496-7845>.

Autor para Correspondencia: experto.hseq@gmail.com
Recibido: 18/02/2022 Aceptado: 02/01/2023

*Los autores declaran que no tienen conflicto de interés

Ilo, Peru: Urban noise levels in coastal areas

Abstract

Introduction: The problem of noise pollution is widespread, since a large part of the world's population may be exposed to noise levels that are harmful to health. **Objective:** To determine the levels of urban noise in the vicinity of some residential areas in the city of Ilo. **Materials and methods:** The research was descriptive non-experimental type, 10 sampling sites were established, of which, 9 were near educational institutions, The study followed the methodology established by the Ministry of Environment in 2013 (National Protocol for Environmental

Noise Monitoring) and ISO 1996 standards. **Results:** The results obtained in this research categorically indicate that the noise levels in the different measurement points in Ilo are above the values established by the ECAs, the values recommended by the WHO and, those dictated by the Provincial Municipality of Ilo. **Conclusions:** Taking into account the regulations established by international organizations the results obtained in this research show that the population residing and making public life in the monitored areas are exposed to noise levels.

Keywords: urban noise; noise pollution; coastal cities; Ilo; environmental deterioration.

Ilo, Peru: Níveis de ruído urbano nas zonas costeiras

Resumo

Introdução: O problema da poluição sonora é generalizada, como grande parte da população do mundo pode ser exposta a níveis de ruído prejudiciais à saúde. **Objetivo:** determinar os níveis de ruído urbano nas proximidades de algumas áreas residenciais da cidade de Ilo. **Materiais e métodos:** A pesquisa foi descritiva do tipo não-experimental, 10 locais de amostragem foram estabelecidos, dos quais, 9 estavam perto de instituições de ensino, O estudo seguiu a metodologia estabelecida pelo Ministério do Meio Ambiente em 2013 (Protocolo Nacional de Monitoramento de Ruído

Ambiental) e normas ISO 1996, Resultados. **Os resultados:** obtidos nesta pesquisa indicam categoricamente que os níveis de ruído nos diferentes pontos de medição em Ilo estão acima dos valores estabelecidos pelos ECAs, dos valores recomendados pela OMS e daqueles ditados pelo Município Provincial de Ilo. **Conclusões:** Levando em conta os regulamentos estabelecidos por organizações internacionais, os resultados obtidos nesta pesquisa mostram que a população que reside e faz a vida pública nas áreas monitoradas está exposta a níveis de ruído.

Palavras-chave: ruído urbano; poluição sonora; cidade costeira; Ilo; deterioração ambiental.

Introducción

El aumento de la urbanización ha llevado a una expansión de las externalidades urbanas tradicionales hacia las áreas suburbanas y rurales junto con cambios en las preferencias de las poblaciones humanas por el ruido y la contaminación del aire (León *et al.*, 2023), cuyos efectos se pueden observar en lo que se conoce como contaminación ambiental, que puede ser atmosférica, edafológica, hídrica o sónica, derivada entonces de múltiples actividades (Ordóñez-Mendieta y Garrochamba, 2020). Para el caso de la contaminación sónica, la exposición prolongada a altos niveles de ruido generado por el tráfico rodado también puede causar problemas de salud y tener efectos perjudiciales para el bienestar de las personas (Apparicio *et al.*, 2016).

Se debe destacar que, en las áreas urbanas, el parque automotor, empresarial e industrial, son las fuentes principales de este tipo de polución sonora (Ortega y Cardona, 2005; De la Cruz 2007; Sánchez, 2007); para (Dzhambov *et al.*, 2023), el ruido de trenes y aviones son las variables que más se asocian con el deterioro de la salud. Es por ello que la contaminación sónica puede ser considerada como una de las más peligrosas, por lo indetectable de los efectos dentro de la cotidianidad de las persona (Parra-Freire *et al.*, 2017).

Pese a que la asociación entre la contaminación del aire y la mortalidad está bien establecida, sin embargo, existen pocos estudios que tengan en cuenta la exposición al ruido del tráfico y su respuesta para los resultados de mortalidad por causas

específicas, especialmente a bajos niveles de exposición (So *et al.*, 2020).

Cabe destacar que el ruido puede tener distintas clasificaciones, aunque principalmente se determina por el tipo de fuente la amplitud de banda o frecuencia, es en este sentido que siguen criterios como los establecidos en la norma ISO 1996 o la OMS que establecen que el ruido debe ser de 55 dB durante el día y 45 dB en horario nocturno (Solís-Amanzo, 2013; Platzer *et al.*, 2007; Quiroz-Arcental *et al.*, 2013; Coral, 2020; “ISSN”:”1390-5384”, “abstract”:”La gestión del ruido generado por el flujo vehicular en el Distrito Metropolitano de Quito (DMQ Ordóñez-Mendieta y Garrochamba, 2020).

En la actualidad por los efectos adversos de la contaminación sónica sobre los seres humanos, se le considera un problema de salud pública (Sánchez, 2007; González y Fernández, 2014), por otro lado Morelli *et al.* (2023) mencionan que la contaminación acústica es considerada como otro tipo de estresor antrópico capaz de moldear la composición de las comunidades de plantas y animales en las áreas urbanas, llegando incluso a cambiar la estructura de la comunidad biótica.

Otros efectos de la polución acústica en la salud mental tienen como manifestación el insomnio, el estrés, la irritabilidad, entre otros efectos (González y Fernández, 2014), así como efectos físicos pues se presenta con mayor frecuencia dolor de cabeza y pérdida de audición (Díaz y Linares, 2015; Quispe *et al.*, 2021).

El tráfico urbano en ciudades de todo el mundo está dominado por automóviles,

por lo que los procesos de planificación del transporte urbano deben adaptarse a esta realidad y a la necesidad de mitigar el cambio climático (Glock y Gerlach, 2023), su regulación es una de la más antigua, se remonta a la antigua Roma, cuando Julio César prohibió la circulación nocturna de carromatos ruidosos por las calles de la capital en la *Ley de municipios de César* (Hener, 2022), cabe mencionar que los vehículos son predominantemente fuentes de ruido de baja y media frecuencia, que tiene un alto poder de penetración y se propaga con baja absorción disipativa a largas distancias (Díaz *et al.*, 2023).

Por tal motivo, las autoridades competentes deben procurar la reducción de la contaminación sónica en sus jurisdicciones, aunque en países como el Perú (Ordóñez-Mendieta y Garrochamba, 2020) la situación también se relaciona con la inadecuada política para disminuir los efectos de la contaminación (Zamorano González *et al.*, 2019), mientras que (Dzhambov *et al.*, 2023) *traffic-related air pollution, and noise could operate together, influencing general health status. Methods: In 2022, a cross-sectional population-based survey was conducted in Sofia, Bulgaria. Included were 917 long-term adult residents who completed questionnaires on poor self-rated health (PSRH consideran que el ruido de los trenes y los aviones se asocia con una peor salud en general.*

Ahora bien, para llevar a cabo procesos de medición sonora se recomienda tomar muestras durante lapsos cortos de tiempo, considerando parámetros como el número

de vehículos, el ruido que genera los motores de dichos vehículos, la fricción de las llantas con el pavimento, el sonido del claxon, entre otros (Zamorano-González *et al.*, 2019).

En el contexto peruano, específicamente en la ciudad de Ilo, los niveles de contaminación sónica son altos. De acuerdo con lo reportado por Cari *et al.* (2018) el tráfico vehicular es una de las principales fuentes que originan polución acústica en la zona, proviene del parque automotor constituido por automóviles, motocicletas, camiones de carga y transporte público.

De acuerdo con lo anterior surge la interrogante ¿Cuál es el nivel de ruido urbano en las inmediaciones de las instituciones educativas de la ciudad de Ilo? Para resolverla, se planteó el objetivo de determinar los niveles de ruido urbano en la cercanía de algunas áreas residenciales en la ciudad de Ilo.

Materiales y métodos

La investigación fue abordada desde una perspectiva cuantitativa, es de tipo descriptivo y obedece a un diseño no experimental. La población de estudio corresponde a la ciudad de Ilo, en el departamento Moquegua, al sur del Perú, en donde se realizaron mediciones de ruido durante el período de febrero a abril de 2021, Los sitios de muestreo fueron establecidos en las avenidas e intersecciones con mayor tránsito vehicular. En la **tabla 1** se muestran las características de los sitios de muestreo.

Tabla 1.

Identificación de los sitios de muestreo

Punto de muestreo	Referencia	Avenida	Latitud (S)	Longitud (W)
E-1	I. E. San Luis	Av. La Cultura	17°37'59''	71°20'24''
E-2	I. E. Educativo Mercedes Cabello de Carbonera	Av. Marino Lino Urquieta	17°37'59''	71°20'76''
E-3	I. E. Virgen del Rosario	Av. Marino Lino Urquieta	17°38'19''	71°20'21''
E-4	I. E. Daniel Barrera Ocampo	Av. Marino Lino Urquieta	17°38'23''	71°20'22''
E-5	I. E. Carlos Alberto Conde Vásquez	Av. Marino Lino Urquieta	17°38'24''	71°20'21''
E-6	I. E. Carlos Alberto Conde Vásquez	Av. Marino Lino Urquieta con Av. Arica	17°38'27''	71°20'25''
E-7	I. E. Leonard Euler	Av. Juan Gasco	17°38'34''	71°20'48''
E-8	Sin nombre	Av. 28 de Julio con Av. José Joaquín Inclán	17°38'55''	71°20'36''
E-9	I. E. La Científica	Av. Matará	17°38'59''	71°20'40''
E-10	I. E. John F. Kennedy	Av. Panamericana	17°38'38''	71°20'21''

Procedimiento de medición del ruido ambiental

Para la medición se emplearon los siguientes equipos: i) sonómetro integrador clase 2 marca Cirrus® modelo 172 B, ii) un sonómetro integrador clase 2 marca 3M® modelo SE402, iii) calibrador acústico marca Cirrus®, iv) calibrador acústico marca 3M®, v) GPS marca Garmin® modelo 650, vi) trípodes, vii) cámara digital marca LG®.

El registro de las medidas se basó en los estándares de calidad ambiental sustentado en el Decreto Supremo 085-2003-PCM y las normas ISO 1996, las cuales consideran los niveles de ruido máximo permitidos y parámetros como: nivel de presión sonora continuo equivalente ponderado (LAeqT), el

nivel máximo de presión sonora (LAmáx) y el nivel de exposición de sonido (LAE).

La medición fue realizada en cuatro momentos del día durante un lapso de 30 minutos para cada uno, por lo que se estableció el horario: 06:30 a 7:00 h; 12:50 a 13:20 h; 18:20 a 18:50 h y 22:30 a 23:00 h, definidos como diurno 1, diurno 2, nocturno 1 y nocturno 2, respectivamente.

El sonómetro fue colocado junto con el trípode a una altura de 1,5 m formando un ángulo recto con la horizontal y alejado de cuerpos u objetos reflectantes o refractantes que pudieran interferir con el registro de medidas, Se utilizó una ficha de campo que permitió realizar un conteo e identificar los tipos de fuente móvil que generan el ruido ambiental, el tiempo del conteo del

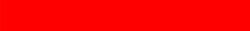
flujo vehicular fue de un minuto en lapsos de cinco minutos durante los horarios ya establecidos.

La confiabilidad de los instrumentos empleados en la recolección de la información estuvo dada por la calibración de los aparatos de medida realizada en un laboratorio acreditado por el Instituto Nacional de Calidad (INACAL).

Con los resultados de las mediciones se construyó el cartograma de microzonificación acústica para la ciudad de Ilo. Para determinar el nivel de ruido, se estableció una escala para su interpretación cualitativa y sus colores correspondientes (**tabla 2**).

Tabla 2.

Interpretación cualitativa del nivel del ruido (dB)

Nivel de ruido (dB)	Interpretación cualitativa	Escala de color
Hasta 50	Normal	
51-60	Ligeramente alto	
61-70	Medianamente alto	
71-80	Alto	
81 a más	Extremadamente alto	

Resultados

Para ayudar a comprender la distribución de los niveles de ruido urbano, se realizó un

conteo vehicular que ayudó a determinar cuáles eran las zonas con mayor flujo automotriz en horario diurno y nocturno, Los resultados se presentan en la **tabla 3**.

Tabla 3.

Conteo de flujo vehicular diario según estación de muestreo

Puntos de muestreo	Conteo diurno	Conteo nocturno	Conteo total
E1	343	199	542
E2	364	276	640
E3	394	352	746
E4	414	340	754
E5	423	232	655
E6	814	629	1.443

Puntos de muestreo	Conteo diurno	Conteo nocturno	Conteo total
E7	385	349	734
E8	541	524	1.065
E9	342	302	644
E10	485	372	857

En la **tabla 3** se puede evidenciar que la mayor cantidad de flujo vehicular se concentra en el punto de muestreo E6, con un total de 1.443 vehículos diarios, teniendo mayor afluencia de tránsito en horario diurno en el que se contabilizaron 814 automotores. En segundo lugar, se encuentra el punto de control E8, con 1.065 vehículos contados, en ambos horarios de medición la afluencia es prácticamente igual. Es de notar que el punto

de medición con el menor tránsito vehicular es el E1, el cual reúne un total de 542 durante el conteo, prevaleciendo el mayor tránsito durante el turno diurno con 343 vehículos contabilizados.

Ahora bien, es importante destacar cuáles son los vehículos con mayor frecuencia de tránsito contabilizados durante las mediciones, el resultado se muestra en la **tabla 4**.

Tabla 4.

Tipo de vehículos contabilizados durante las mediciones

Tipo de vehículo	Diurno		Nocturno	
	Cantidad	%	Cantidad	%
Moto	128	2,84	121	3,37
Auto particular	1.333	29,59	1.076	29,99
Station Wagon	1.807	40,11	1.584	44,15
Camioneta 4x4	286	6,35	230	6,41
Combi de servicio urbano	111	2,46	70	1,95
Microbús (Coaster)	705	15,65	372	10,37
Ómnibus	22	0,49	12	0,33
Camión	32	0,71	28	0,78
Tráiler	81	1,80	95	2,65
Total	4.505	55,66	3.588	44,34

En la **tabla 4** se aprecia que la mayor cantidad de flujo vehicular ocurre durante la franja horaria diurna, con un total de 55,66 % de los casos, de los cuales el 40,11 % corresponde a vehículos tipo *Station Wagon*, seguido de un 29,59 de autos particulares, aunque el microbús se encuentra dentro de este grupo de mayor frecuencia, al acumular un 15,65 % de los casos, siendo el ómnibus con la menor cantidad de registros con un 0,49 % de los casos, Una tendencia que se

evidencia, aunque en menor frecuencia, durante la noche.

Ahora bien, en la **tabla 5** se muestra el promedio de los parámetros registrados en el periodo de medición correspondientes a la franja horaria diurna y nocturna, tomando como referencias los límites máximos permitidos por los estándares de calidad ambiental (ECA), la municipalidad provincial de Ilo (MPI) y la Organización Mundial de la Salud (OMS).

Tabla 5.

Promedio de los niveles LAeq LAE y LAmax

Punto de muestreo	ECA	MPI LAeqT	OMS LAeqT	Febrero LAeq	Marzo LAeq	Abril LAeq	Promedio total		
	[dB (A)]			[dB (A)]			LAeq [dB (A)]	LAE [dB (A)]	LAmax [dB (A)]
Franja diurna									
E1	50	50	30	61,42	59,74	53,9	58,35	74,66	74,11
E2	50	50	30	63,89	61,13	61,7	62,24	79,54	77,21
E3	50	50	30	62,05	61,57	62,7	62,11	79,39	76,49
E4	50	50	30	63,12	65,09	66,29	64,83	86,51	78,90
E5	50	50	30	62,92	63,15	65,17	63,75	85,01	81,02
E6	60	60	50	62,03	62,05	63,38	62,49	80,31	76,60
E7	50	50	30	70,54	65,56	69,54	68,55	86,1	81,63
E8	60	60	50	66,19	66,92	65,76	66,29	83,66	80,58
E9	50	50	30	51,93	55,36	56,94	54,74	75,29	71,96
E10	50	50	30	59,14	58,19	59,81	59,05	76,87	75,98
Franja nocturna									
E1	40	40	30	45,43	51,45	48,91	48,60	67,15	66,10
E2	40	40	30	49,04	52,49	50,68	50,74	68,15	65,92
E3	40	40	30	60,08	56,87	60,03	58,99	76,42	73,98
E4	40	40	30	54,44	58,43	57,95	56,94	78,20	72,09
E5	40	40	30	53,62	53,05	55,11	53,93	71,71	67,83

Punto de muestreo	ECA	MPI LAeqT	OMS LAeqT	Febrero LAeq	Marzo LAeq	Abril LAeq	Promedio total		
	[dB (A)]	[dB (A)]	[dB (A)]	[dB (A)]	[dB (A)]	[dB (A)]	LAeq [dB (A)]	LAE [dB (A)]	LAmáx [dB (A)]
E6	50	50	50	64,41	63,74	63,73	63,96	82,31	75,92
E7	40	40	30	59,61	57,88	57,91	58,47	76,06	71,69
E8	50	50	50	56,36	56,65	59,15	57,39	74,24	75,13
E9	40	40	30	54,04	55,40	56,85	55,43	69,62	67,47
E10	40	40	30	48,77	51,20	52,19	50,72	68,45	65,14

En función a los parámetros registrados en el horario diurno que se muestran en la **tabla 5**, se determinó que en ocho de los diez puntos de evaluación los niveles sonoros sobrepasan los límites máximos permitidos de 50 dB establecidos por los ECA y la ordenanza de la MPI, y los 30 dB determinados por la OMS para ambientes educativos. Se constata que las organizaciones escolares cercanas a los puntos E4, E5 y E7 se registraron los valores más altos del parámetro LAE, superando los 85,0 dB en el intervalo 74,66 a 86,51 dB, mientras que los niveles máximos de presión sonora se registraron en los puntos de muestreo E5, E7 y E-8, sobrepasando los 80,0 dB en el intervalo 71,96 a 81,63 dB.

En la **tabla 5** también se muestran los parámetros registrados en la franja horaria nocturna, los que permitieron observar que los valores medidos sobrepasan los límites establecidos por los ECA y la ordenanza de la MPI de 40 dB, y los 30 dB dictados por la OMS, en casi todos los puntos de evaluación, evidenciándose que los valores más altos se concentran en los puntos E6 y E4 con 82,31 y 78,20 dB respectivamente, para el tiempo

de 1s, teniendo además, en los puntos E6 y E8 que los valores promedio de los niveles máximos de ruido (LAmáx) se encuentran en el intervalo 75,13 a 75,92 dB.

En la figura 1 se muestra el promedio total de los niveles de exposición de sonido (LAE) en la franja horaria diurna, observándose la variación entre los 72,59 y 81,63 dB medidas en el punto E9 y E4 específicamente con amplitud de 9,02 dB, mientras que los niveles máximos de presión sonora estuvieron entre el intervalo 71,96 a 81,63 dB correspondientes a los puntos E9 y E7 I, E, con una amplitud de 9,67 dB.

Por su parte, en la **figura 2** se muestra el promedio total de los niveles de exposición de sonido (LAE), donde se registra la variación en el horario nocturno que va en el intervalo 67,15 a 82,31 dB correspondientes a los puntos de evaluación E1 y E6 respectivamente, con una amplitud de 15,16 dB, mientras que el promedio total de los LAmáx estuvo comprendido en el rango 65,14 dB y 75,92 dB, pertenecientes a los puntos E10 y E6 I, respectivamente, representando una amplitud de 10,78 dB.

Figura 1.

Promedio total de los parámetros de ruido LAE y LA_{máx} (horario diurno)

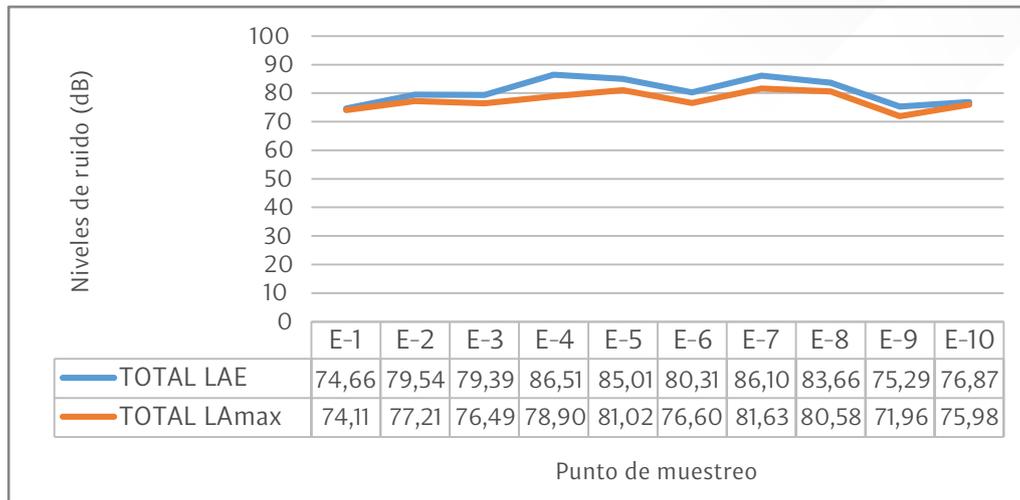
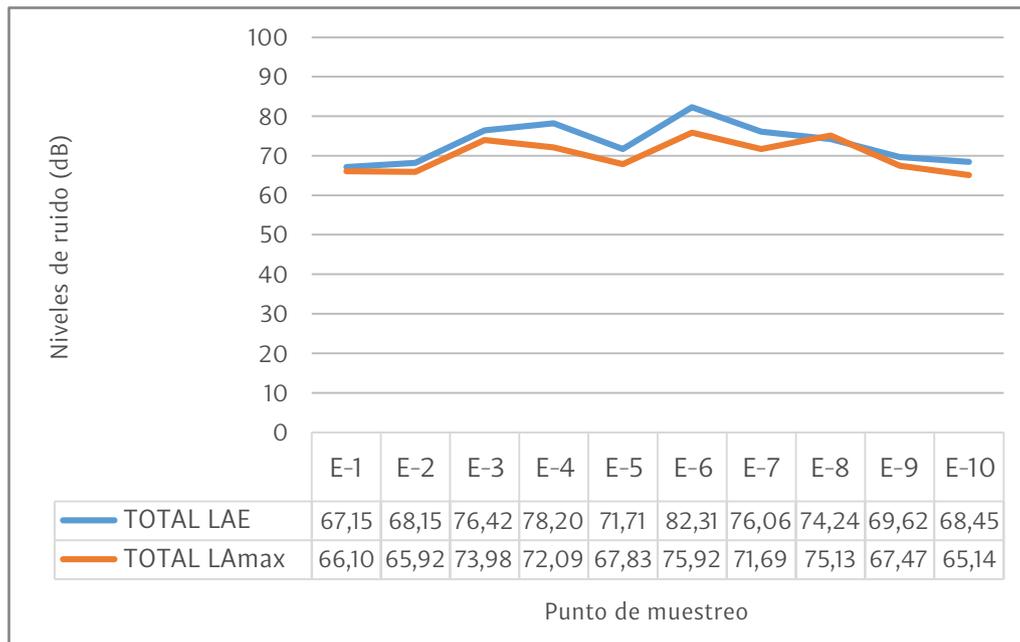


Figura 2.

Promedio total de los parámetros de ruido LAE y LA_{máx} (horario nocturno)



Cartograma de microzonificación sónica

Siguiendo los resultados consignados en la **tabla 2** y en función de los LA_{máx} [dB (A)]

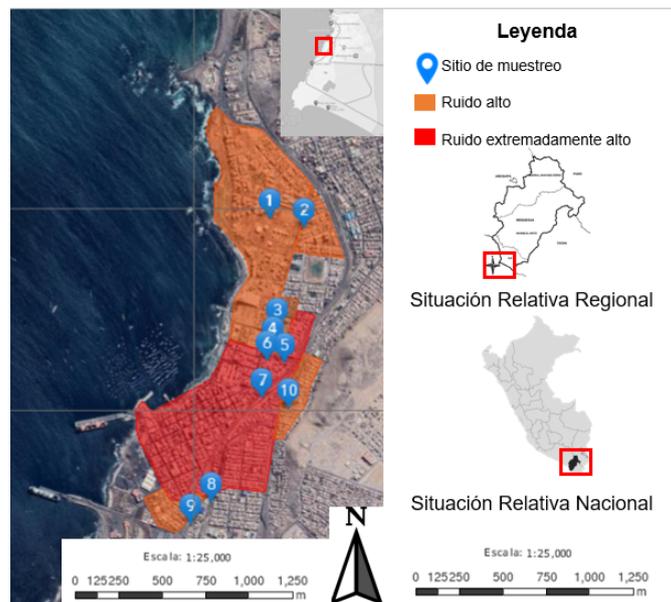
presentados en la **tabla 5**, se identificó el nivel de ruido para ambas franjas horarias, a fin de construir los cartogramas de microzonificación sónica correspondientes por franja horaria.

En la **figura 3** se observa el cartograma de microzonificación sónica correspondiente a la franja horaria diurna, Lo primero que se puede evidenciar es que los sectores de muestreo tienen una tendencia de ruido alto a extremadamente alto, siendo el sector más cercano al puerto el que muestra

este comportamiento, sin embargo, debe entenderse que a excepción del punto de muestreo E8, los restantes sitios de muestreo se ubican cerca a instituciones educativas, por lo que se trata de sectores residenciales con una excesiva concentración de ruido.

Figura 3.

Cartograma de microzonificación sónica diurna de la ciudad de Ilo



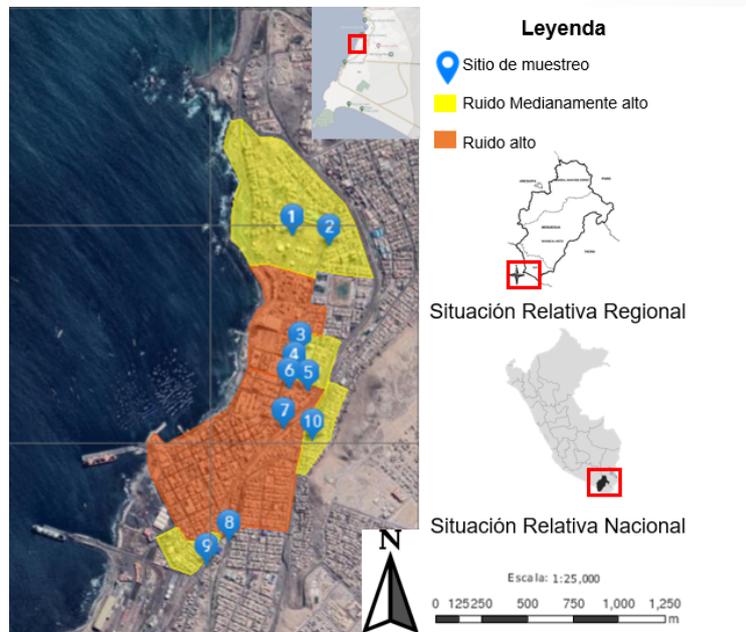
Nota. Modificado de Google Earth

Adicionalmente, en la **figura 4** se muestra el cartograma de microzonificación sónica referente a la franja horaria nocturna, en el cual se evidencia que ha habido una leve modificación con respecto a la concentración de ruido, sin embargo, esta no se considera sustancial. Los puntos E3, E4 y E6 mantienen

el comportamiento de ruido alto, mientras que los sitios de muestreo E7 y E8 pasaron de ruido extremadamente alto a alto. Finalmente, las zonas cercanas a los puntos E1, E2, E5 y E9 bajaron de ruido alto a ruido medianamente alto.

Figura 4.

Cartograma de microzonificación sónica nocturno de la ciudad de Ilo



Nota. Modificado de Google Earth

Discusión

Los resultados obtenidos en esta investigación indican categóricamente que los niveles de ruido en los distintos puntos de medición en Ilo están por encima de los valores establecidos por los ECA, los valores recomendados por la OMS y los dictados por la municipalidad provincial de Ilo, lo que resulta un problema que afecta directamente a las comunidades asentadas en estos espacios.

Los niveles de presión sonora en los puntos de muestreo estuvieron influenciados mayoritariamente por la concentración del parque automotor, constantes aceleraciones y desaceleraciones, ruido derivado por acción del claxon y, en puntos como el E8, se le suma la intersección del tren de carga del puerto. Así pues, como se constata en

varias investigaciones, las fuentes más comunes que generan contaminación sonora son el flujo vehicular, aunque la cantidad de personas que circulan por calles y avenidas, las actividades de construcción, talleres de herrería, fábricas, entre otras muchas actividades también suman al aumento de la contaminación sonora (Ordóñez Mendieta y Garrochamba, 2020).

Es importante mencionar que las zonas con mayor concentración de ruido se encuentran en avenidas con importante flujo vehicular, los registros en el sonómetro permiten reconocer que este se encuentra asociado particularmente a los efectos generados por la fricción de los neumáticos (aceleraciones y desaceleraciones), por lo que se entiende que los altos niveles de ruido afectan la calidad de vida de la población.

Esta idea se sustenta en lo descrito por Zamorano *et al.* (2019), quienes precisan que los niveles de presión sonora generados por el flujo vehicular sobrepasan los límites máximos permitidos por los organismos internacionales, afectando la calidad del sueño, principalmente en las áreas urbanas con más afluencia de personas y transporte vehicular.

Sin embargo, existen investigaciones que reportan que los habitantes expuestos a altas concentraciones de ruido no sienten ser afectados directamente, como en el caso de Castillo-Corzo *et al.* (2020) quienes encontraron que el 58,2 % de los encuestados señalaron que el ruido vehicular no les afectaba, aunque la mayoría expresó que el efecto negativo era la baja concentración, en este aspecto debe precisarse que la contaminación sónica afecta a pesar de no ser un problema percibido por la población (Aracelis *et al.*, 2020).

Valga señalar que esta investigación monitoreó nueve puntos de muestreo cerca a instituciones educativas, lo cual permite plantear la posibilidad de una afectación en el desempeño escolar de los estudiantes. Al respecto de esta situación Quiroz-Arcental *et al.* (2013) declaran que los niveles de ruido ambiental en dos instituciones educativas consideradas rebasaban los límites establecidos por la OMS y que el 4,8 % de los estudiantes presentaban hipoacusia y síntomas neuropsicológicos en algún grado, además de problemas para dormir en aquellos niños que eran expuestos a lapsos más largos de ruido.

Ahora bien, con respecto a los cartogramas de microzonificación sónica, debe entenderse que todas las zonas exceden los niveles establecidos por los límites máximos permitidos que se emplearon como estándar en la investigación. Este comportamiento obedece a que las zonas se encuentran localizadas en avenidas con alto flujo vehicular influenciadas por la cercanía al puerto y en las inmediaciones de la vía férrea.

Los cartogramas de microzonificación sónica pueden ser empleados como instrumentos de gestión que ayuden a alertar a la población y a las autoridades encargadas de los problemas ambientales y tomar medidas que busquen la disminución de los niveles de ruido ambiental, bien sea por medio de campañas de concienciación o creación de barreras sonoras naturales o artificiales, considerando que los daños sobre el estado físico y psicológico de los seres humanos es evidente, tal como se ha reportado en varias investigaciones (Mayes, 2021).

Conclusiones

Tomando en cuenta la normativa establecida por los organismos internacionales, los resultados obtenidos en esta investigación evidencian que la población residenciada y que hace vida pública en las zonas monitoreadas está expuesta a niveles de ruido ambiental altos y muy altos en el intervalo de 74,66 a 86,51 dB en la franja horaria nocturna, y el intervalo 67,15 a 82,35 dB en la franja horaria nocturna.

Resulta importante indicar que las zonas de muestreo se localizaron cerca a

instituciones educativas, lo cual resulta fundamental dentro de esta investigación, pues el ruido puede interferir en el desempeño académico de los estudiantes y laboral de los docentes.

Los cartogramas de microzonificación sónica permiten reconocer cuáles son las zonas de mayor riesgo con respecto a la concentración de ruido, por lo que puede convertirse en un instrumento de gestión que ayude a establecer políticas y medidas que permitan mitigar los efectos del ruido en la población, por ejemplo, aislamiento acústico en instituciones educativas y zonas residenciales.

Para el desarrollo de futuras investigaciones es recomendable que se trabajen puntos de control que permitan abarcar un área de estudio mayor lo que permitirá obtener una mayor apreciación de la distribución de contaminación sónica en la ciudad de Ilo.

Resulta recomendable que en futuras investigaciones se pueda reconocer a través de estudios hermenéuticos o etnometodológicos la percepción de los habitantes sobre los efectos del ruido en su vida cotidiana, con la intención de profundizar en la afectación social de la contaminación sónica.

Referencias

- Apparicio, P., Carrier, M., Gelb, J., Séguin, A. M., & Kingham, S. (2016). Cyclists' exposure to air pollution and road traffic noise in central city neighbourhoods of Montreal. *Journal of Transport Geography*, 57, 63–69. <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2016.09.014>
- Aracelis, A. M., Casco, N. E., Mela, R. H., & Pinzón, C. I. (2020). Prototipo de sistema experto basado en lógica difusa para la monitorización del ruido en espacios educativos. *Revista de Iniciación Científica*, 6(1), 73–79. <https://doi.org/10.33412/rev-ric.v6i1.2616>
- Cari Mendoza, É., Legua Laurencio, J. L., & Condori Apaza, R. M. (2018). Determination of the sound pressure level generated by the vehicle fleet in the city of Ilo, Peru. *Produccion y Limpia*, 13(2), 14–20. <https://doi.org/10.22507/pml.v13n2a2>
- Castillo Corzo, M. A., Minaya Martínez, J. M., & Castillo Corzo, A. M. (2020). Percepción de la población respecto al ruido producido por el transporte público en el distrito de Barranca, Lima, Perú. *Apuntes Universitarios*, 10(3), 1–16. <https://doi.org/10.17162/au.v10i3.454>
- Coral Carrillo, K. V. (2020). “Modelos estadísticos de ruido ambiental para el Distrito Metropolitano de Quito DMQ, mediante datos históricos del 2009 al 2015, como herramienta de calidad ambiental.” *ACI Avances En Ciencias e Ingenierías*, 12(1), 24. <https://doi.org/10.18272/aci.v12i1.941>
- De la Cruz, E. S. (2007). Contaminación sonora por ruido vehicular en la Avenida Javier Prado. *Industrial Data*, 10(1), 11–15.

- Díaz Jiménez, J., & Linares Gil, C. (2015). Health effects of noise traffic: Beyond “discomfort” Efeitos do ruído de tráfego na saúde: para além das ‘moléstias.’ *Rev. Salud Ambient*, *15*(2), 121–131.
- Díaz, W., Tarrillo, A., Ocaña, C., & Quiñones, L. (2023). Noise estimation using an artificial neural network in the urban area of Jaen, Cajamarca. *Bulletin of Electrical Engineering and Informatics*, *12*(3), 1427–1434. <https://doi.org/10.11591/eei.v12i3.4633>
- Dzhambov, A. M., Dimitrova, V., Germanova, N., Burov, A., Brezov, D., Hlebarov, I., & Dimitrova, R. (2023). Joint associations and pathways from greenspace, traffic-related air pollution, and noise to poor self-rated general health: A population-based study in Sofia, Bulgaria. *Environmental Research*, *231*(P1), 116087. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2023.116087>
- Glock, J.-P., & Gerlach, J. (2023). Berlin Pankow: a 15-min city for everyone? A case study combining accessibility, traffic noise, air pollution, and socio-structural data. *European Transport Research Review*, *15*(1). <https://doi.org/10.1186/s12544-023-00577-2>
- González Sánchez, Y., & Fernández Díaz, Y. (2014). Efectos de la contaminación sónica sobre la salud de estudiantes y docentes, en centros escolares Noise pollution in schools: its effect on the health of students and teachers. *Revista Cubana de Higiene y Epidemiología*, *52*(3), 402–410.
- Hener, T. (2022). Noise pollution and violent crime☆. *Journal of Public Economics*, *215*. <https://doi.org/10.1016/j.jpubeco.2022.104748>
- León, C. J., Hernández-Alemán, A., Fernández-Hernández, C., & Araña, J. E. (2023). Are rural residents willing to trade-off higher noise for lower air pollution? Evidence from revealed preferences. *Ecological Economics*, *207*(August 2021). <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2023.107784>
- Mayes, J. L. (2021). Urban noise levels are high enough to damage auditory sensorineural health. *Cities & Health*, *5*(1–2), 96–102. <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/23748834.2019.1577204>
- Morelli, F., Tryjanowski, P., Ibáñez-Álamo, J. D., Díaz, M., Suhonen, J., Pape Møller, A., Prosek, J., Moravec, D., Bussière, R., Mägi, M., Kominos, T., Galanaki, A., Bukas, N., Markó, G., Pruscini, F., Reif, J., & Benedetti, Y. (2023). Effects of light and noise pollution on avian communities of European cities are correlated with the species’ diet. *Scientific Reports*, *13*(1), 1–11. <https://doi.org/10.1038/s41598-023-31337-w>
- Ordóñez Mendieta, Á. J., & Garrochamba, Á. P. (2020). Diseño de una WSN para el monitoreo de CO2 en el aire y niveles de ruido en la ciudad de Loja. *MASKAY*, *10*(May), 20–31. <https://doi.org/10.24133/maskay.v10i1.1522>

- Ortega B, M., & Cardona M, J. M. (2005). Metodología para evaluación del ruido ambiental urbano en la ciudad de Medellín of urban environmental noise in the city of Medellín. *Revista Nacional de Salud Pública*, 23(2), 1–8. <https://doi.org/https://doi.org/10.17533/udea.rfnsp.482>
- Parra-Freire, A. P., Noboa-Romero, P., Campoverde-Pillajo, C. D., Botto-Tobar, M., & Avilés-Noles, M. A. (2017). Analysis of noise in the training Area of the company workshops PMIASA – Guayaquil. *Journal of Science and Research: Revista Ciencia e Investigación*, 2(7), 15–22.
- Platzer M, L., Iñiguez C, R., Cevo E, J., & Ayala R, F. (2007). Medición de los niveles de ruido ambiental en la ciudad de Santiago de Chile Environmental noise levels measurement of the city of Santiago , Chile. *Revista de Otorrinolaringología and Cirugía de Cabeza y Cuello*, 67((2)), 122–128.
- Quiroz-Arcetales, L., Hernández-Flórez, L. J., Corredor-Gutiérrez, J. C., Rico-Castañeda, V. A., Rugeles-Forero, C., & Medina-Palacios, K. (2013). Efectos auditivos y neuropsicológicos por exposición a ruido ambiental en escolares, en una localidad de Bogotá, 2010. *Revista de Salud Pública*, 15(1), 116–128.
- Quispe Mamani, J. C., Roque Guizada, C. E., Rivera Mamani, G. F., Rivera Mamani, F. A., & Romani Claros, A. (2021). Impacto de la contaminación sonora en la salud de la población de la ciudad de Juliaca, Perú. *Ciencia Latina, Revista Multidisciplinar*, 5((1)), 311–337.
- Sánchez Gómez, S. (2007). Efectos de la contaminación acústica sobre la salud. *Revista de Salud Ambiental*, 7(2), 175–180.
- So, R., Jørgensen, J. T., Lim, Y. H., Mehta, A. J., Amini, H., Mortensen, L. H., Westendorp, R., Ketznel, M., Hertel, O., Brandt, J., Christensen, J. H., Geels, C., Frohn, L. M., Sigaard, T., Bräuner, E. V., Jensen, S. S., Backalarz, C., Simonsen, M. K., Loft, S., ... Andersen, Z. J. (2020). Long-term exposure to low levels of air pollution and mortality adjusting for road traffic noise: A Danish Nurse Cohort study. *Environment International*, 143(May), 105983. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2020.105983>
- Solís-Amanzo, I. (2013). Influencia de la contaminación sonora en la salud pública del poblador del mercado de Lima. *PAIDEIA XXI*, 3(Nro 4), 47–59.
- Zamorano-gonzález, B., Peña-cárdenas, F., & Velázquez-narváez, Y. (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>
- Zamorano González, B., Velázquez Narváez, Y., Peña Cárdenas, F., Ruiz Ramos, L., Monreal Aranda, Ó., Parra Sierra, V., & Vargas Martínez, I. J. (2019).

Exposición al ruido por tráfico vehicular y su impacto sobre la calidad del sueño y el rendimiento en habitantes de zonas urbanas. *Estudios Demográficos y Urbanos*, 34(3)(102), 601–629.