




Article scientific

Geospatial and temporal modeling of environmental noise in the urban center of the City of Aucayacu

 Cesia Ruth Dávila Illatopa ^a and  Jonatan Estiff León Santa María ^a

^a Universidad Nacional Agraria de la Selva, Perú 

ITEM INFORMATION

Published: 2023-12-26
Accepted: 2023-12-22
Received: 2023-10-02

Keywords:

Noise
Model
Geospatial
Kriging

ABSTRACT

In the present investigation, the general objective was to determine which interpolation method is most appropriate to model environmental noise in the urban area of the city of Aucayacu. To this end, the sound pressure level (dBA) has been identified and measured at the intersections with the highest vehicular flow, and the population has been surveyed to find out their perception of noise. The results indicate that noise exceeds the ECA in a residential area, but not in a commercial area, the population perceives that noise causes some type of damage to their health; Finally, a geospatial model was obtained with the interpolation of points with Kriging for noise modeling.

Modelamiento geoespacial y temporal del ruido ambiental en el casco urbano de la Ciudad de Aucayacu


RESUMEN

En la presente investigación el objetivo general fue determinar que método de interpolación es más adecuado para modelar el ruido ambiental en el casco urbano de la ciudad de Aucayacu. Para ello se ha identificado y medido el nivel presión sonora (dBA) en las intersecciones con mayor flujo vehicular, y, se ha encuestado a la población para conocer su percepción del ruido. Los resultados indican que el ruido supera el ECA en zona residencial, pero no en zona comercial, la población percibe que el ruido les produce algún tipo de daño a su salud; finalmente se obtuvo modelo geoespacial con la interpolación de puntos con Kriging para el modelamiento de ruido.

Palabras clave:

Ruido
Modelo
Geoespacial
Kriging



 <https://doi.org/10.47422/GreenHorizon.v2i2.22>



INTRODUCCIÓN

El ruido es toda sensación sonora que pueda considerarse molesta y susceptible a cambiar el bienestar fisiológico o psicológico humano. El ruido, de acuerdo al receptor, puede ser molesto o agradable.

El exceso de ruido a los límites establecidos, se considera contaminación acústica, porque cambia las condiciones ambientales normales.

La sociedad se ve afectada por el problema generalizado de la contaminación acústica, porque tiene efectos nocivos en la salud y calidad de vida de las personas; Por eso la OMS se concentra en temas relacionados con la contaminación acústica y propuso una serie de medidas para gestión de contaminación por ruido.

Es importante conocer el nivel de contaminación acústica de las ciudades, siendo los mapas de ruido instrumentos esenciales que nos permiten caracterizar la contaminación acústica y generar planes de mitigación sonora, también el utilizar herramientas de Sistema de Información geográfica, datos y tipo de fuente, variables meteorológicas, variables acústicas, tales como la reflexión absorción, etc.

Y, los modelos geoespaciales permiten identificar zonas críticas en áreas no monitoreadas, esto es gracias al componente geoespacial.

La potencia o intensidad del ruido se mide en decibeles (dB) para expresar el nivel de presión sonora; de acuerdo con el Ministerio del Ambiente en el Perú (MINAM, 2014), los niveles de ruido diurno varían de 50 a 80 dBA, y durante la noche entre 40 a 70 dBA.

En la ciudad de Aucayacu se realizan constantes denuncias ambientales debido a los altos niveles de presión sonora emitidos principalmente por el tráfico de automóviles y las discotecas que exceden las horas permitidas; los problemas logísticos en el área de gestión ambiental no permiten fiscalizar ni atender de manera adecuada estas denuncias.

Esto hace necesario que en el casco urbano de la ciudad de Aucayacu se realice la medición del ruido en los puntos con influencia vehicular y así generar un modelo, donde se representa las mediciones de los ruidos e identificar zonas críticas para la tomar medidas correctivas, y preventivas.

Por lo antes mencionado el presente trabajo tuvo como principal objetivo determinar el modelo geoespacial del ruido ambiental en el casco urbano de la ciudad de Aucayacu – 2022.

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo de investigación se realizó en la zona urbana del distrito de José Crespo y Castillo, ciudad de Aucayacu, provincia de Leoncio Prado, región Huánuco.

La investigación fue relacional, aplicable, no experimental, se aplicó la técnica de la encuesta, donde participaron 263 personas para determinar la percepción del ruido del Casco urbano de Aucayacu, distribuidas en 12 puntos de monitoreo.

Para el conteo de los diferentes tipos de vehículos se realizó 100 intersecciones de la zona urbana de la ciudad, tres momentos, turno 1 (7:01 a.m. -10:30 a.m.), turno 2 (12:00 p.m. -3:30 p.m.) y turno 3 (6:00 p.m. -9:30 p.m.), un día de semana (de lunes a viernes) y un fin de semana (sábado y domingo).

Y para la determinación del nivel del ruido se empleó un trípode y sonómetro, con los que se monitoreo durante 4 meses (Noviembre, Diciembre, Enero y Febrero) cada mes se realizó 7 repeticiones, en tres turnos, según el Protocolo Nacional de Monitoreo de Ruido Ambiental RM N°227-2013-MINAM.

Los datos del nivel de ruido descargados del sonómetro se analizaron con el software SE392; los datos meteorológicos de Weathercloud, con el software Weather Underground; el mapa de ruido, fue por interpolación del ruido ambiental (Kriging, Spline e IDW) y su conversión en puntos geoespaciales (8 740 puntos), con el programa ArcGIS 10.8 y se analizaron en el software R-Studio para la regresión polinomial.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Determinación del flujo vehicular de las intersecciones del casco urbano

Al realizar el conteo de vehículos en las 100 intersecciones, la Av. Lima / Av. Independencia presentó mayor flujo vehicular 232 vehículos/10 minutos (Tabla 1), seguido del Ovalo Sangapilla.

Tabla 1*Cantidad de vehículos durante un día de la semana y fin de semana*

Puntos de monitoreo	Promedio	Lunes a Viernes			Sábado y Domingo		
		Turno 1	Turno 2	Turno 3	Turno 1	Turno 2	Turno 3
Av. Lima con Av. Independencia	232	226	243	231	273	283	133
Óvalo Sangapilla	224	255	219	222	191	237	217
Av. Lima con Jr. Grau	190	203	119	208	197	216	199
Av. Lima con Jr. Huánuco	172	181	166	142	130	221	189
Carretera central con Av. Ramón Castilla	170	151	173	156	99	234	206
Jr. Tingo María con Jr Lamas	167	160	126	185	253	155	120
Av. América con Av. Independencia	158	215	150	92	162	173	156
Jr. María Parado de Bellido con Jr. Huánuco	145	142	170	139	180	116	123
Av. América con Psj. Proceres	142	141	155	137	167	126	123
Jr. María Parado de Bellido con Av. Huaraz	136	188	105	115	163	128	116
Jr. María Parado de Bellido con Jr. Aucayacu	133	128	133	126	163	129	116
Av. América con Jr. Huánuco	131	128	134	120	192	101	108

Percepción de la población sobre el ruido ambiental

La población es consciente que el ruido causa daño a la salud, 94% (Figura 1a), coincidiendo con la opinión de Sánchez (2007) y la Organización Mundial de Salud OMS (2011), mencionan que el ruido afecta las actividades del desarrollo social, en la comunicación, aprendizaje, concentración, descanso, salud, distorsiona la información. El 54% de los encuestados cree que el ruido causa daño al medio ambiente; el 33% considera que el ruido no causa daño y, el 13% no sabe si el ruido causa daño al medio ambiente (Figura 1b). Se podría afirmar que el 46%, sobrestima el impacto de la contaminación acústica sobre el medio ambiente, el ruido puede alterar la distribución y comportamiento de especies clave, la integridad del ecosistema (Buxton et al., 2017).

Por otro lado, el 46% de los encuestados percibieron que la intensidad del ruido es “mucho”, el 34% considera que la intensidad es “regular” y, el 20% considera que la intensidad es “poco” (Figura 1c). Este resultado guarda relación con lo expuesto por Paulino y Turpin (2022), manifiesta que existe relación media entre el ruido ambiental y la percepción auditiva.

Las fiestas y/o eventos son los tipos de ruido más molestos para el 45% de los encuestados; mientras el 39% considera que es el tráfico vehicular y, el 16% de los encuestados considera que la construcción es fuente de ruido molesto (Figura 1d). Esto es coherente con lo expuesto por Visaga (2015) y Coronel (2022) mencionaron que el 50% de ruido ambiental fue generado por el tráfico vehicular.

Se aprecia que el 48% de los encuestados siente mayor molestia del ruido en las noches, mientras que el 28%, en la mañana y el 24%, en la tarde (Figura 1e).

La respuesta de la población concuerda con los resultados, que más adelante se verá, ya que el nivel de ruido supera el ECA ruido para zona comercial convirtiéndose en ruido molesto.

El 60% de los encuestados considera que los fines de semana son los días más ruidosos; el 29% considera que un día de la semana es más ruidoso (Figura 1f).

Este resultado contrasta con el flujo vehicular, ya que los fines de semanas, la cantidad de vehículos que transitan en la ciudad de Aucayacu es mayor que un día de la semana.

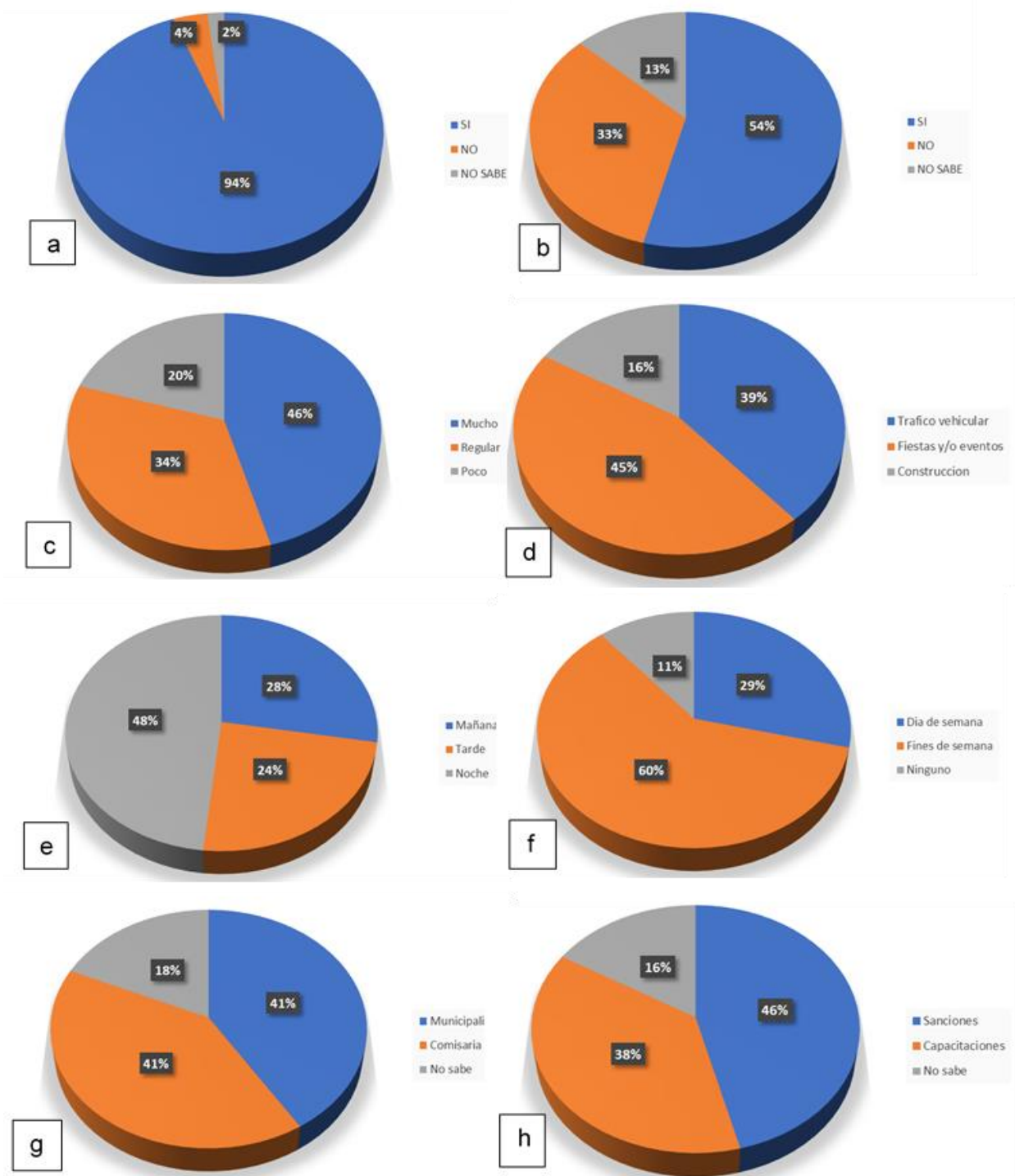
Además, el 41% de los encuestados sabían que la comisaría como la Municipalidad son los lugares para quejarse por ruido excesivo, ya que estas instituciones deben hacer cumplir el DS N° 085-2003-PCM y el reglamento nacional de tránsito, mientras que el 18% no sabe a qué institución acudir para interponer una queja por ruido excesivo (Figura 1g).

Se observa que el 46% de los encuestados considera que se debe sancionar a los que generan el ruido excesivo, el 38% considera que deben ser capacitados y, 16% ignora las medidas que se deben realizar para disminuir el nivel de ruido (Figura 1h). En el presente caso, la Municipalidad distrital de José Crespo y Castillo – Aucayacu debe sancionar a los infractores en virtud del DS N° 085-2003-PCM.

La policía de tránsito también está facultada para imponer una multa a los conductores que generan ruido molesto o innecesario, en este caso, la papeleta M34 (circular produciendo ruidos molestos que suponen los límites máximos permisibles) y la papeleta L07 (multa por usar la bocina de forma innecesaria).

Figura 1

Percepción de la población sobre el ruido ambiental; a) El ruido ambiental causa daño a la salud; b) El ruido ambiental causa daño al medio ambiente; c) Intensidad de molestia que causa el ruido; d) Tipo de ruido que causa más molestia; e) Horas de mayor molestia del ruido; f) Días más ruidosos; g) Lugar para interponer queja por exceso de ruido; h) Solución para disminuir el ruido

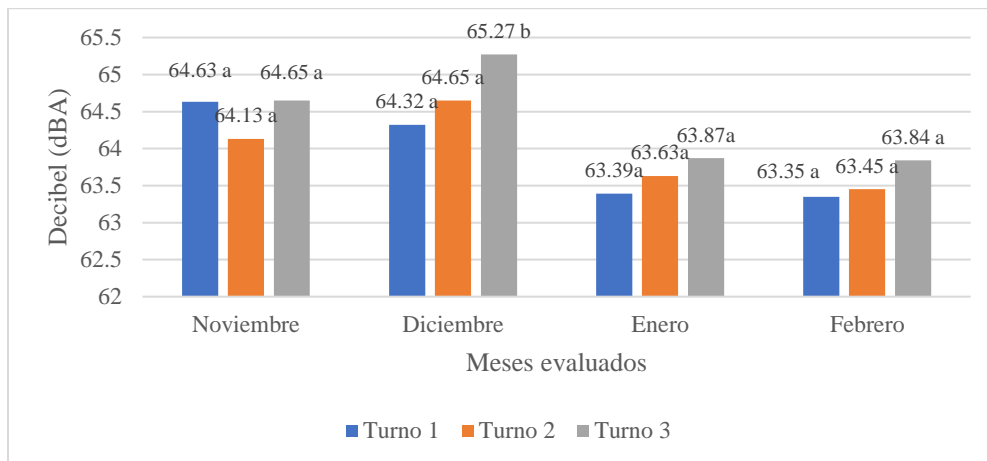


Niveles de ruido en los puntos de mayor flujo vehicular en el casco urbano de la ciudad de Aucayacu

En la Figura 2 se presenta un resumen del ruido ambiental medido durante los 4 meses de evaluación. Siendo el mes de noviembre con mayor nivel de ruido en el turno 1, aunque estadísticamente no fue significativo. En el turno 2 de los 4 meses de evaluación, diciembre se reportó mayor ruido, aunque estadísticamente no significativo. Mientras, en el turno 3 de los 4 meses de evaluación, el mes de diciembre hubo mayor ruido estadísticamente significativo.

Figura 2

Promedios de ruido en los tres turnos evaluados en los 4 meses

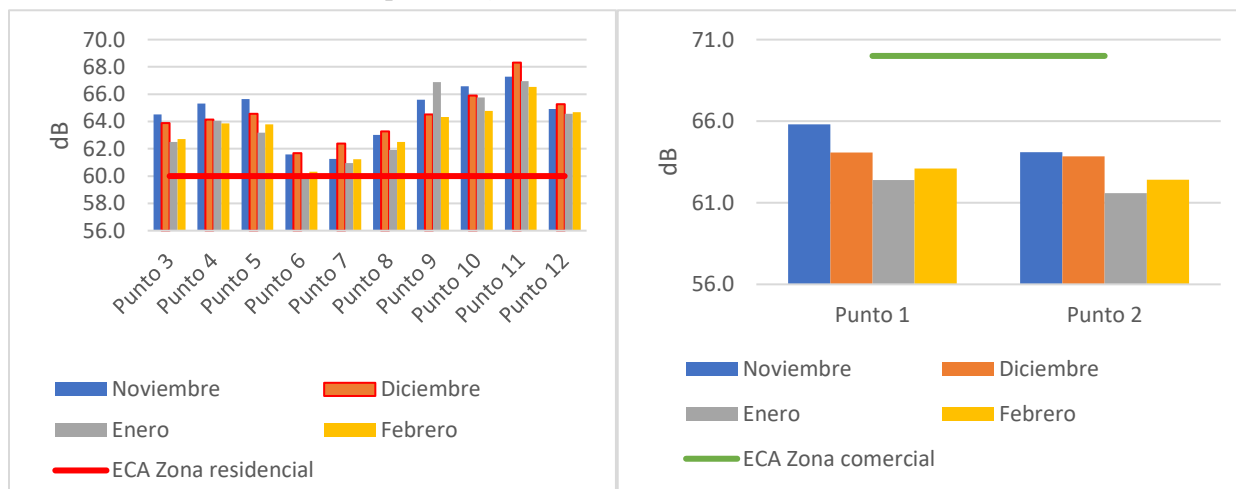


En la Figura 3 se observa que en todos los puntos el nivel de ruido en zona residencial durante el turno 1 (7:01 a.m. a 10:30 am), superan al ECA de zona residencial estándar (20dB) ruido - horario diurno. Por tanto, de acuerdo a la Ordenanza Municipal N° 020-2016-MDJCC-A, en los puntos de monitoreo: Jr. María Parado de Bellido con Jr. Huánuco, Jr. Huánuco con Av. Lima, Av. Lima con Jr. Grau, Jr. Tingo María con Jr. Lamas, Jr. María Parado de Bellido con Jr. Aucayacu, Av. América con Av. Independencia, Jr. María Parado de Bellido con Av. Huaraz, Av. Lima con Av. Independencia, ovalo Sangapilla y Carretera Central con Av. Ramón Castilla corresponden a zonas donde existe ruidos molestos sin ser estos ruidos nocivos ya que no superan los 80 decibeles. Mientras en las dos zonas comerciales durante el turno 1 (Av.

América con Av. Próceres y Av. América con Jr. Huánuco), el nivel de ruido no supera al ECA de zona comercial estándar (70dB).

Figura 3

Nivel de ruido de zona residencial (Izquierda) y comercial (derecha) turno 1

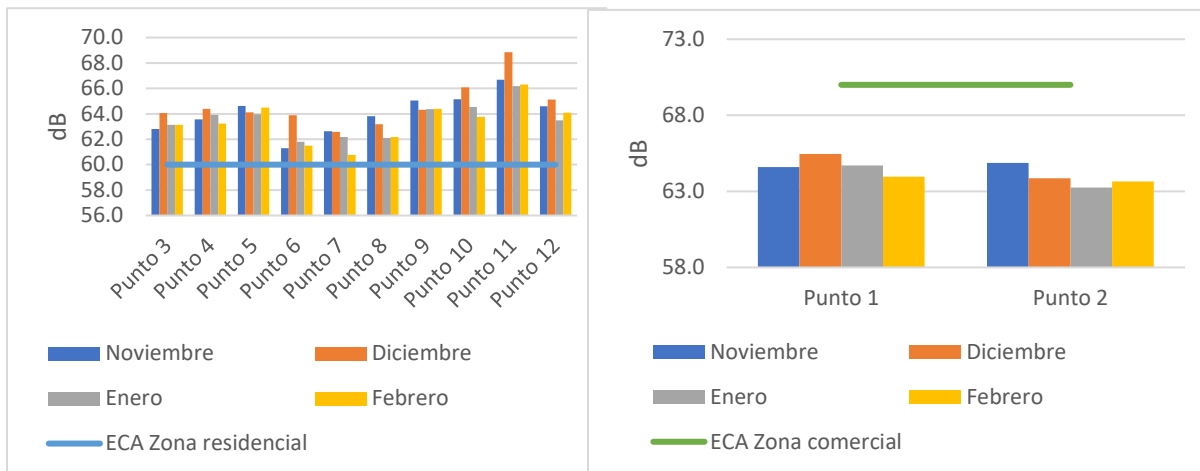


En la Figura 4 se observa que en la zona residencial durante el turno 2 (12:00 p.m. a 3:30 p.m.) se superó al ECA ruido - horario diurno – residencial (60dB). Por tanto, de acuerdo a la Ordenanza Municipal N° 020-2016-MDJCC-A, en los puntos de monitoreo de: Jr. María Parado de Bellido con Jr. Huánuco, Jr. Huánuco con Av. Lima, Av. Lima con Jr. Grau, Jr. Tingo María con Jr. Lamas, Jr. María Parado de Bellido con Jr. Aucayacu, Av. América con Av. Independencia, Jr. María Parado de Bellido con Av. Huaraz, Av. Lima con Av. Independencia, ovalo Sangapilla y Carretera Central con Av. Ramón Castilla, corresponden a zonas donde existe ruidos molestos sin ser estos ruidos nocivos ya que no superan los 80 decibeles.

En la zona comercial (Av. América con Av. Próceres y Av. América con Jr. Huánuco) turno 2, el nivel de ruido no supera al ECA ruido - horario diurno - zona comercial (70dB).

Figura 4

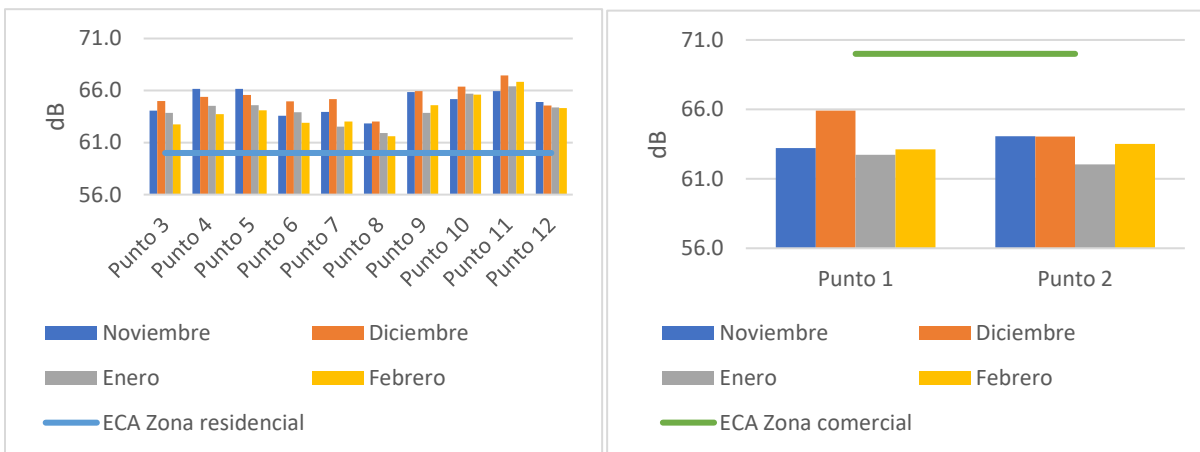
Nivel de ruido de zona residencial (Izquierdo) y comercial (derecho) turno 2



En la Figura 5 se observa el nivel de ruido de la zona residencial durante el turno 3 (6:00 p.m. a 9:30 p.m.) superó al ECA ruido - horario diurno (60dB). Por tanto, de acuerdo a la Ordenanza Municipal N° 020-2016-MDJCC-A, en los puntos de monitoreo de: Jr. María Parado de Bellido con Jr. Huánuco, Jr. Huánuco con Av. Lima, Av. Lima con Jr. Grau, Jr. Tingo María con Jr. Lamas, Jr. María Parado de Bellido con Jr. Aucayacu, Av. América con Av. Independencia, Jr. María Parado de Bellido con Av. Huaraz, Av. Lima con Av. Independencia, ovalo sangapilla y Carretera Central con Av. Ramón Castilla, corresponden a zonas donde existe ruidos molestos sin ser estos ruidos nocivos ya que no superan los 80 decibeles. Pero, en la zona comercial (Av. América con Av. Próceres y Av. América con Jr. Huánuco), el nivel de ruido no superó al ECA ruido - horario diurno - zona comercial (70dB).

Figura 5

Nivel de ruido de zona residencial (Izquierdo) y comercial (Derecho) turno 3



En comparación con la ciudad de Lima (Meza, 2020; Licla, 2016; Montenegro y Sánchez, 2022; Paulino y Turpin, 2022; Fasanando, 2022), el distrito de Yanahuara - Arequipa (Ponce y Sierra, 2020), del distrito de Juliaca - Puno (Coronel, 2022) y del distrito de Tarma - Junín (Huamán, 2022) el nivel de ruido ambiental supera el ECA- ruido zona residencial. En contraste, el ruido ambiental de la zona monumental de Huancayo (Coriñaupa, 2020) fue menor que de Aucayacu. El nivel de ruido de la ciudad de Aucayacu comparado con ciudades de otros países como Gävle -Suecia, y ciudades de países en desarrollo como Beijing, China; Alejandría, Egipto; Curitiba; Bogotá, Colombia; Delhi, India; Teherán, Irán; Ciudad de México, México; Turquía, Polonia (Alam et al., 2020) es mucho menor. No obstante, el ruido ambiental de Aucayacu ya supera el límite establecido y es un ruido molesto capaz de producir estrés (Babisch, 2002); disminuir la calidad de vida por la molestia y alterar el sueño (Sánchez, 2007).

En la Tabla 2 se presenta el ruido ambiental promedio por turnos, el ovalo Sangapilla tuvo el mayor nivel de ruido en los tres turnos (cuyo valor va del 66.05 al 67.25 dBA), esto por la mayor congestión vehicular, pero los ruidos fueron menores en: Jr. Tingo María/Jr. Lamas con 60.92 dBA en el turno 1, el Jr. María Parado Bellido/Jr. Aucayacu con

62.02 dBA en el turno 2, y la Av. América/ Av. Independencia con 62.3 dBA en el turno 3.

Tabla 2

Ruido ambiental promedio por puntos

Punto	Ubicación	\bar{R} turno 1	\bar{R} Turno 2	\bar{R} Turno 3
Punto 01	Av. América/ Av. Próceres	63.85	64.7	63.72
Punto 02	Av. América/ Jr. Huánuco	62.97	63.92	63.4
Punto 03	Jr. María Parado Bellido/ Jr. Huánuco	63.4	63.27	63.9
Punto 04	Jr. Huánuco / Av. Lima	64.35	63.77	64.95
Punto 05	Av. Lima / Jr. Grau	64.32	64.3	65.12
Punto 06	Jr. Tingo María / Jr. Lamas	60.92	62.12	63.85
Punto 07	Jr. María Parado Bellido/ Jr. Aucayacu	61.45	62.05	63.65
Punto 08	Av. América/ Av. Independencia	62.67	62.82	62.32
Punto 09	Jr. María Parado Bellido/ Av. Huaraz	65.32	64.52	65.07
Punto 10	Av. Lima con Independencia	65.77	64.87	65.72
Punto 11	Ovalo Sangapilla	67.25	67.02	66.65
Punto 12	Carretera Central/ Av. Ramon Castilla	64.87	64.32	64.55

\bar{R} : Ruido ambiental promedio

El nivel de ruido medido por Golder Associates Perú (2021) en las inmediaciones del punto 9 fue de 42.7, 42.8 y 58.8 dB en los años 2017, 2018 y 2019, respectivamente, mientras en el presente trabajo se tuvo valores superiores, 65.32, 64.52 y 65.07 dB durante el turno 1, 2 y 3 respectivamente. En general, en la ciudad de Aucayacu, el ruido ambiental superó el ECA ruido zona residencial en los 3 turnos evaluados. Mientras que en Lima (Meza, 2020; Licla, 2016; Montenegro y Sánchez, 2022; Paulino y Turpin, 2022; Visaga, 2015; Fasanando, 2022), Tarma (Huamán, 2022) Arequipa (Ponce y Sierra, 2020), y Puno (Mamani et al., 2021; Coronel, 2022) el ruido ambiental supera con creces el ECA-ruido zona residencial teniendo incluso, niveles superiores a ruido ambiental de zona comercial.

No existió diferencia estadística entre el ruido del turno 1 (7:01 a.m. -10:30 a.m.), turno 2 (12:00 p.m. – 3:30 p.m.) y turno 3 (6:00 p.m. – 9:30 p.m.). Este resultado concuerda con la clasificación de horario diurno (7:01 a.m. – 10:00 p.m.) del Reglamento de Estándar Nacional de Calidad Ambiental para Ruido DS-085-2003-PCM.

Modelo geoespacial del ruido ambiental mediante interpolación

Los mapas de ruido generados mediante la interpolación Kriging, Spline e IDW (Figura 6), registraron mayor ruido en el punto 11(Ovalo Sangapilla), debido al gran flujo vehicular y el uso excesivo de bocinas, al ser considerado el ingreso y salida más importante de vehículos de la ciudad (Paulino y Turpin, 2022) y la zona con menor ruido fue la plaza de la Aucayacu.

Los 3 mapas con el método Kriging (Figura 6a, 6b y 6c) muestran que las inmediaciones del Ovalo Sangapilla. La representación de la dispersión del ruido es adecuada, esto debido a que Kriging asume una distribución homogénea a lo largo de la superficie (Marin, 2018). Ya que el nivel de ruido es influenciado por el flujo vehicular tal como menciona Visaga (2015).

Sin embargo, en los tres mapas de ruido con Spline (Figura 6d, 6e y 6f), el área con mayor nivel de ruido se dio en la Av. San Martín, con 69.75 dB. En este, se midieron tres puntos de la Av. Lima que estaba paralela a la Av. San Martín, y los valores variaron de 63.7 a 65.78 dB, siendo menores al del mapa; además, en la Av. San Martín el flujo vehicular es menor que en el Ovalo Sangapilla, el flujo vehicular puede llegar hasta en 91% del ruido ambiental según lo expresado por Montenegro y Sánchez (2022), Paulino y Turpin (2022), Visaga (2015), Huamán (2022), Ponce y Sierra (2020), Coronel (2020); por tanto, el ruido predicho por el método Spline fue inadecuado, posiblemente sea por la forma irregular o curvados de los puntos (Franke, 1982).

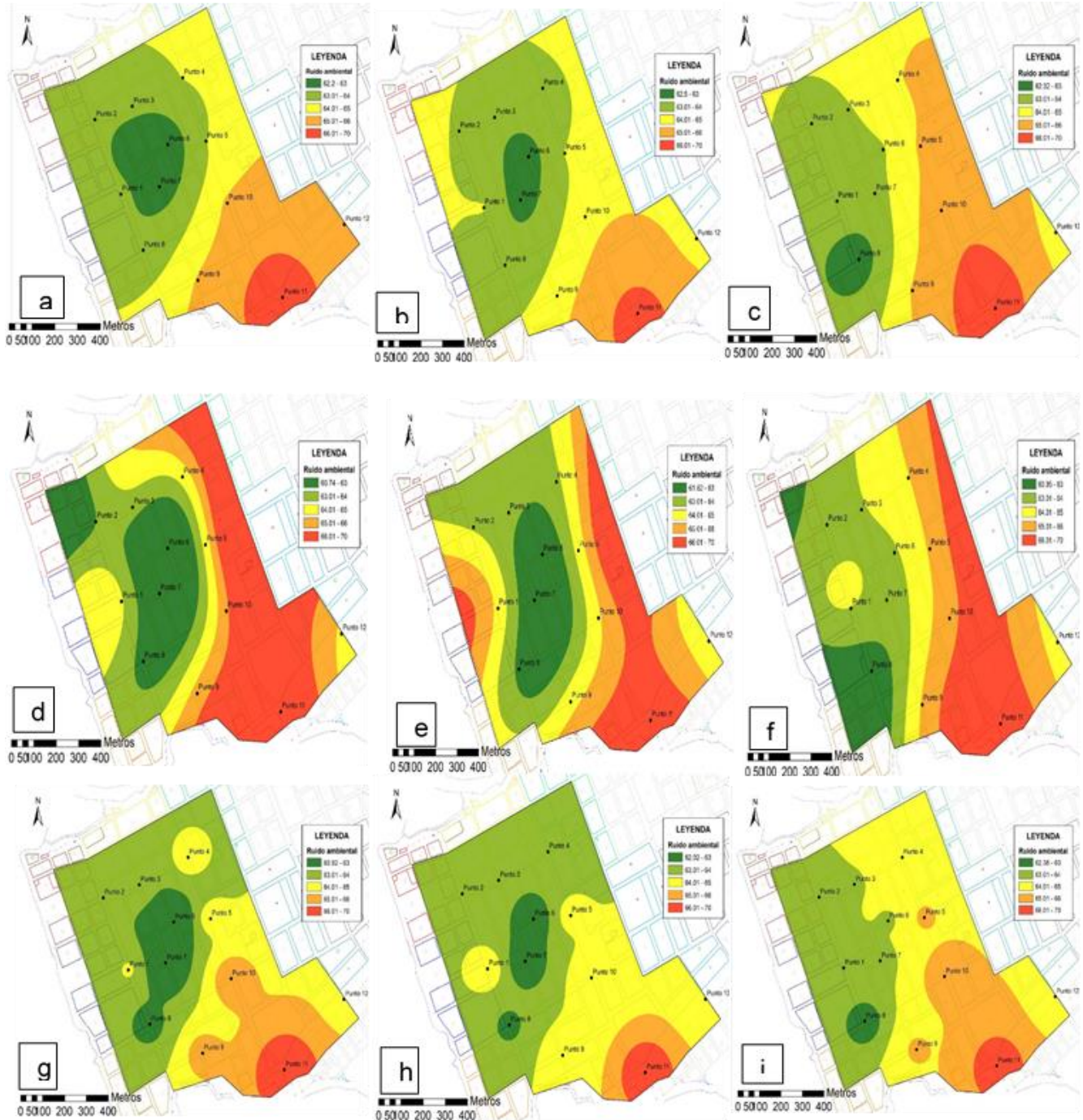
En los mapas de ruido mediante IDW (Figura 6g, 6h y 6i), se tuvo buena representación de la dispersión del ruido, el valor del nivel de ruido estimado fue similar al valor esperado del flujo vehicular. Se favoreció por la ubicación de los puntos 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 y 9 que forman una “rejilla” (Murillo, 2012; Huamán, 2022), y que la distancia entre ellas no supera los 250 metros (Coriñaupa, 2020).

Por lo que en este trabajo se decidió que el ArcGIS y Kriging fueron los adecuados para el mapa de ruido, que coincide con varios utores (Meza, 2020, Licla, 2016, Montenegro y Sánchez, 2022; Fasanando, 2022; Ponce y Sierra, 2020; Mamani et al., 2021; Coronel, 2022) e IDW (Coriñaupa, 2020; Huamán, 2022).

Con el analisis de regresión polinomial, se logró obtener los coeficientes de las modelos obtenidas a partir de la interpolación Kriging, Spline e IWD (Gonzales y Rodríguez, 2022), y con estos se desarrollaron las ecuaciones de los modelos geoespaciales adecuados, con coeficiente de determinación (R^2) altos y significativos (Tabla 3).

Figura 6

Interpolación geoespacial; a) Kriging–turno 1; b) Kriging–turno 2; c) Kriging–turno 3; d) Spline–turno 1; e) Spline–turno 2; f) Spline–turno 3; g) IDW–turno 1; h) IDW–turno 2; i) IDW–turno 3



Los modelos de regresión no cumplian el supuesto de normalidad, pero de acuerdo con Heij et al. (2004), cuando los datos son grandes (en este caso 8740 datos) el modelo es válido.

Tabla 3*Resumen de modelos geoespaciales*

Modelo	Hora	Ecuación	R ²	Nivel de significancia
Kriging	Turno 1	$dB = 3.21e^6 - 9.438e^{-7}XY + 2.388e^5X + 11X^2 - 34.99X^3 + 8.947e^3Y + 29.08Y^2$	0.9417	***
	Turno 2	$dB = 7.032e^6 - 2.067e^{-6}XY + 5.229e^{-5}X + 17.38X^2 - 32.69X^3 + 1.963e^4Y + 20.29Y^2$	0.9164	
	Turno 3	$dB = 1.372e^7 - 4.035e^{-6}XY + 1.021X - 21.03X^2 - 36.21X^3 + 3.836e^4Y + 5.178Y^2$	0.9394	
Spline	Turno 1	$dB = -3.533e^7 + 1.039e^{-5}XY - 2.627e^6X + 39.12X^2 - 84.23X^3 - 9.868e^4 + 63.53Y^2$	0.748	***
	Turno 2	$dB = -2.507e^7 + 7.371e^6XY - 1.864e^6X + 59.04X^2 - 75.18X^3 - 7.007e^4Y + 32.83Y^2$	0.675	
	Turno 3	$dB = 1.184e^7 - 4.363e^{-6}XY + 1.104e^6X - 33.83X^2 - 46.55X^3 + 4.150e^4Y - 1.535Y^2$	0.8845	
IDW	Turno 1	$dB = 8.870e^6 - 2.608e^{-6}XY + 6.596e^5X + 1.721X^2 - 31.15X^3 + 2.476e^4Y + 24.75Y^2$	0.8025	***
	Turno 2	$dB = 1.112e^7 - 3.268e^{-6}XY + 8.265e^5X + 6.884X^2 - 25.84X^3 + 3.104e^4Y + 14.39Y^2$	0.7753	
	Turno 3	$dB = 1.216e^7 - 3.574e^{-6}XY + 9.039e^5X - 18.51X^2 - 23.18X^3 + 3.397e^4Y + 60.5Y^2$	0.8496	

Donde: dB: decibel; X: este, Y: norte.

Los valores R2 en todos los turnos (1, 2 y 3) y los modelos (Kriging, Spline y IDW) fueron capaz de explicar la variabilidad observada en el nivel de ruido, pero el mayor de todos los modelos fue con Kriging (94.17% , 91.65% y 93.94%). Por tanto, se eligió este método como el adecuado para crear mapas de ruido y a su vez generar un modelo geoespacial.

CONCLUSIONES

Se determinó el mayor flujo vehicular en la intersección de la av. lima con av. independencia con un promedio de 232 vehículos/ 10 min.

El ruido generado por fiestas o eventos fue la principal fuente de molestias con un 46%, seguido por el tráfico vehicular con un 39%, de acuerdo a la encuesta.

El mayor nivel de ruido se presentó en la zona residencial en el punto Ovalo Sangapilla con 67.25 dBA, 67.02 dBA y 66.65 dBA en los turnos 1, turno 2 y turno 3 respectivamente, superando al ECA ruido. Mientras que en la zona comercial en los puntos evaluados con menor nivel de ruido fue en Jr. Tingo María/ Jr. Lamas con 60.92 dBA en el turno 1; Jr. María Parado de Bellido/Jr. Aucayacu con 62.05 dBA en el turno 2 y la Av. América/ Av. Independencia con 62.32 dBA en el turno 3.

El modelo geoespacial que representa adecuadamente la dispersión del ruido en el casco urbano de la ciudad de Aucayacu fue el modelo Kriging.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Alam, P., Ahmad, K., Afsar, S., Akhter, N. (2020). Noise Monitoring, Mapping, and Modelling Studies – A Review. *Journal of Ecological Engineering*, 21(4), 82-93. <https://doi.org/10.12911/22998993/119804>
- Babisch, W., (2002). The noise/stress concept, risk assessment and research needs. *Noise Health*. 4, 1–11.
- Buxton et al. (2017). Noise pollution is pervasive in U.S. protected areas. *Science* 356,531–533.
- Coriñaupa, R. (2020). Análisis de la contaminación acústica y elaboración del mapa de ruido de la zona monumental del distrito de Huancayo -2020 (Tesis de Maestría en Ingeniería Ambiental, Universidad Nacional del Centro) https://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/6501/T%20010_44314567_M_Cori%C3%B1aupa01.pdf?sequence=1&isAllowed=y

- Coronel, A. (2022). Evaluación de puntos críticos de contaminación sonora aplicando el mapa de ruido ambiental en la zona de comercio central de la ciudad de Juliaca (Tesis para optar el grado de Ingeniero Ambiental, Universidad Católica de Santa María). <https://core.ac.uk/reader/535022180>
- Fasanando, Y. (2022). Caracterización del ruido ambiental vehicular e industrial en zonas mixtas del distrito de Santa Anita-setiembre-octubre y diciembre 2018 (Tesis para optar el grado de Ingeniero Ambiental, Universidad Nacional Agraria la Molina)
- Franke, R. (1982). Smooth Interpolation of Scattered Data by Local Thin Plate Splines. *Computer and Mathematics with Applications*. Gran Bretaña. Vol. 8(4) p. 273–281.
- Golder Associates Perú S.A. (2021). Informe Plan Ambiental Detallado (PAD) Proyecto Línea de Transmisión de 138 kV Tingo María – Aucayacu. Golder Associates Perú S.A. [www.minem.gob.pe/minem/archivos/PAD%20Tingo%20Maria%20-%20Aucayacu%20\(L1122\)_compressed-1-400.pdf](http://www.minem.gob.pe/minem/archivos/PAD%20Tingo%20Maria%20-%20Aucayacu%20(L1122)_compressed-1-400.pdf)
- Heij, C., Boer, P., Franses, P., Kloek, T. y Van Dijk, H. (2004). *Econometric methods with applications in business and economics*. Oxford University Press.
- Huamán, M. (2022). Relación entre la percepción del ruido ambiental y los niveles de presión sonora del tránsito vehicular en el distrito de Tarma (Tesis para optar el grado de Ingeniero Ambiental, Universidad Católica Sedes Sapientiae)
- Licla, L. (2016). Evaluación y percepción social del ruido ambiental generado por el tránsito vehicular en la zona comercial del distrito de Lurín (Tesis para optar grado de Ingeniero Ambiental, Universidad Nacional Agraria La Molina).
- Mamani, G. M., Paucara, E. M., Espinoza, J. N. N., Maman, V. E., & Pérez, F. C. (2021). Modelamiento kriging del comportamiento vertical de ruido ambiental mediante mapas temáticos durante festividades culturales en Puno y Juliaca, Perú. *Tecnología en Marcha*, 34(3), 3-14.
- Marin, G. (2018). Modelamiento kriging del decibelio en mapas temáticos de las festividades culturales de la región de puno, 2016. Dr. Sc. en Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente. Puno, Perú. Universidad Nacional del Altiplano. 66.
- Meza, J. C. (2020). Análisis del riesgo por contaminación sonora en el distrito de San Isidro en el cuarto trimestre del 2019, aplicando modelos de geoestadística, Facultad de Ingeniería y Gestión, Universidad Nacional Tecnológica de Lima Sur, 2020 (Tesis de pregrado para Ingeniero Ambiental).
- Minam. (2014). Resolución Ministerial N° 227-2013-MINAN. Proyecto de D.S. que aprueba el Protocolo Nacional de Monitoreo de Ruido Ambiental. [En línea]: MINAN, (<http://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2014/02/RM-N%C2%BA-227-2013-MINAM.pdf>, 27 de febrero, 2019).
- Montenegro, J., y Sánchez, J. (2022). Ruido ambiental del parque automotor en la percepción de la población en el eje zonal industrial del distrito de Independencia - Lima, 2022 (Tesis para optar el grado de Ingeniero Ambiental y de Recursos Naturales, Universidad Nacional del Callao)
- Municipalidad Distrital De Jose Crespo Y Castillo. (2016). Ordenanza municipal que regula la supresión y limitación de ruidos nocivos y molestos en el distrito de José Crespo y Castillo.
- Murillo, D; Ortega, I; Carrillo, J; Pardo, A; Rendon, J.(2012). Comparación de métodos de interpolación para la generación de mapas de ruido en entornos urbanos. *Ing. USBMed, Medellín*. 3(1):62-68
- Paulino, L., Turpin, C. (2022). Evaluación del ruido ambiental y su relación con la percepción auditiva en av. Abancay - Lima cercado, octubre 2021 (Tesis para optar el grado de Ingeniero Ambiental, Universidad San Ignacio de Loyola)
- Ponce, D., Sierra, G. (2020). Elaboración de un mapa de ruidos para la identificación de los puntos críticos de la contaminación sonora en el centro histórico del distrito de Yanahuara (Tesis para optar el grado de Ingeniero Ambiental, Universidad Católica de Santa María). <https://core.ac.uk/reader/326750780>
- Sánchez, A. (2007). *Ciudades, Medio ambiente y Sostenibilidad*. Arcibel Editores. Sevilla, España. 345
- Visaga Fernández, S. (2015). Influencia del flujo de tráfico vehicular en la contaminación sonora del Centro de Lima. *Revista de Investigación Universitaria*, 2015, Vol. 4 (1): 26-34.