

## **Uso de aplicaciones informáticas en teléfono móvil para el monitoreo del ruido ambiental en zonas comerciales de Cajamarca**

### **Use of computer applications on mobile phones to monitor environmental noise in commercial areas of Cajamarca**

Consuelo Plasencia Alvarado<sup>1\*</sup>, Claudia Rodríguez Ulloa<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Facultad de Ciencias de la Salud, Universidad Nacional de Cajamarca, Av. Atahualpa 1070, C.P. 06003, Cajamarca, Perú

\* Autor de correspondencia: [cplasenciaa@unc.edu.pe](mailto:cplasenciaa@unc.edu.pe)

#### **Resumen**

El propósito de este estudio fue evaluar la practicidad de utilizar aplicaciones informáticas en teléfonos móviles para monitorear el nivel de ruido ambiental en tres áreas comerciales de Cajamarca: los mercados San Martín y San Sebastián, así como el Centro Comercial Real Plaza. Se realizaron mediciones simultáneas de ruido utilizando dos aplicaciones móviles gratuitas descargadas de Play Store e instaladas en los dispositivos de las investigadoras (Sonómetro A: Mystic Mobile Apps GPS Tools y Sonómetro B: Splend Apps). En cada zona comercial, se registraron puntos específicos, como las secciones de carnes y puestos de comida, obteniendo valores de 15 segundos con pausas de 10 segundos durante el horario diurno a lo largo de un mes. El análisis de datos se llevó a cabo mediante el software SPSS versión 26. Los resultados revelaron que los mercados San Martín y San Sebastián exhibieron niveles de ruido significativamente más altos que el Centro Comercial ( $p < 0,05$ ). No se observaron diferencias significativas entre los niveles de ruido en las secciones de carne y puestos de comida ( $p > 0,05$ ). Al comparar los registros de ruido con las aplicaciones en las tres zonas comerciales, se constató que superaron los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para el ruido establecido en 70 dB durante el horario diurno. En consecuencia, se concluyó que el uso de estas aplicaciones informáticas en teléfonos móviles resulta viable para monitorear el ruido ambiental en las áreas comerciales de Cajamarca.

**Palabras clave:** aplicaciones informáticas, áreas comerciales, estándares de calidad ambiental, monitoreo de ruido ambiental, teléfonos móviles

## Abstract

The purpose of this study was to assess the feasibility of using mobile applications on smartphones to monitor ambient noise levels in three commercial areas of Cajamarca: San Martín and San Sebastián markets, as well as the Real Plaza Shopping Center. Simultaneous noise measurements were taken using two free mobile applications downloaded from the Play Store and installed on the researchers' devices (Sound Meter A: Mystic Mobile Apps GPS Tools and Sound Meter B: Splend Apps). In each commercial area, specific points were recorded, such as meat sections and food stalls, obtaining values for 15 seconds with 10-second pauses during daytime over a month. Data analysis was conducted using SPSS version 26 software. The results revealed that the San Martín and San Sebastián markets exhibited significantly higher noise levels than the Shopping Center ( $p < 0.05$ ). No significant differences were observed between noise levels in the meat sections and food stalls ( $p > 0.05$ ). When comparing the noise records with the applications in the three commercial areas, it was found that they exceeded the National Environmental Quality Standards for noise set at 70 dB during daytime. Consequently, it was concluded that the use of these mobile applications on smartphones is feasible for monitoring ambient noise in the commercial areas of Cajamarca.

**Key words:** Commercial areas, computer applications, environmental quality standards, environmental noise monitoring, mobile phones

## Introducción

El ruido se define como cualquier sonido no deseado. El ruido excesivo es un problema de salud pública que impacta negativamente en la sociedad. Los sonidos con niveles elevados de presión sonora pueden ocasionar problemas de salud como enfermedades cardiovasculares, molestias en los oídos, trastornos del sueño, pérdida de audición, déficit cognitivo y estrés, entre otros (Junta de Andalucía, 2020).

El aumento de actividades industriales ha llevado a la contaminación acústica en la mayoría de las ciudades, subrayando la necesidad de monitorear y regular los niveles de ruido ambiental. Aunque los sonómetros proporcionan evaluaciones precisas de los niveles de ruido, su costo, mantenimiento y calibración pueden limitar la viabilidad del monitoreo, representando una barrera para los evaluadores (Crossley et al., 2021).

Estudios han demostrado que aplicaciones de ruido en teléfonos inteligentes pueden ser utilizadas para evaluar el ruido en las ciudades de manera participativa (Kanjo, 2010), sugiriendo una estrecha relación entre la evaluación del ruido y dispositivos móviles, facilitando el acceso económico, especialmente en países en desarrollo (Murphy and King, 2016). Estas aplicaciones ofrecen ventajas como acceso rápido a la información, almacenamiento seguro de datos personales, versatilidad y mejora en la conectividad (Santiago et al., 2019).

Según la Organización Mundial de la Salud (OMS), el nivel de ruido recomendado para garantizar salud y bienestar es de 65 dB, con un alto riesgo de pérdida auditiva crónica por exposición a más de 85 dB y riesgo de pérdida inmediata por exposición repetida por encima de 100 dB (WHO, 2015). Aunque la normativa peruana establece zonas y horarios, esta investigación se centró en el horario diurno con un límite de 70 dB.

La población de Cajamarca enfrenta actualmente una exposición total a la contaminación acústica, vinculada al aumento del tráfico y actividades comerciales, generando efectos adversos en la salud y el ambiente. El ruido afecta directamente la salud humana, generando estrés, irritabilidad y cefaleas. Es crucial considerar las propuestas de la OMS y exigir el cumplimiento estricto de los estándares nacionales para el ruido (PCM, 2003). Los resultados permitirán recomendar estrategias para mitigar la contaminación sonora en los centros comerciales evaluados.

En Cajamarca, estudios anteriores han demostrado niveles de ruido superiores a los estándares nacionales en diversas zonas (Ludeña, 2018; Llamoga y Cuba, 2021), complementando y sirviendo como referencia para la toma de decisiones de las autoridades. Es imperativo difundir y socializar el uso de aplicaciones móviles, diseñadas para ejecutarse en teléfonos inteligentes, como una herramienta universal para que la población pueda monitorear el ruido y tomar acciones para mitigar sus efectos en la salud auditiva.

## **Materiales y métodos**

Con el fin de evaluar la eficacia de los dispositivos móviles como instrumentos para medir la contaminación acústica, se llevó a cabo una comparación simultánea de las mediciones de ruido ambiental utilizando dos aplicaciones móviles gratuitas disponibles en la Play Store, las cuales fueron descargadas e instaladas en los teléfonos celulares de las investigadoras del presente estudio (Sonómetro A: Mystic Mobile Apps GPS Tools y Sonómetro B: Splend Apps).

Se identificaron tres zonas comerciales, definidas según la normativa que especifica el área autorizada por el gobierno local para actividades comerciales y de servicios (PCM, 2003). Estas zonas comerciales seleccionadas se encuentran ubicadas en las principales avenidas de la ciudad de Cajamarca, a saber, el Mercado San Martín en la Avenida de Evitamiento Sur 1012, el Mercado San Sebastián en la Avenida Los Héroes 428 y el Centro Comercial Real Plaza en la Avenida Evitamiento Norte Lote 1.

En cada zona comercial, se seleccionaron las dos áreas de mayor afluencia, es decir, la sección de carnes y la sección de puestos de comida, como puntos de registro para el ruido ambiental. En cada punto, se registraron los datos con las aplicaciones móviles respectivas en triplicado, obteniendo valores de 15 segundos con pausas de aproximadamente 10 segundos. El registro se llevó a cabo durante el horario diurno, desde las 10:00 horas

hasta las 18:00 horas, todos los días de la semana, durante un mes.

Los datos recopilados sobre el ruido ambiental fueron ingresados en una base de datos utilizando el programa Excel y posteriormente fueron analizados con el software estadístico SPSS versión 26. Se generaron tablas y gráficos que mostraban frecuencias numéricas y porcentajes. Dado que se determinó que los datos no seguían una distribución normal, se realizaron análisis de las diferencias en los niveles de ruido utilizando la prueba de Mann-Whitney en relación con el tipo de aplicación y la prueba de Kruskal-Wallis en relación con el tipo de zona comercial.

## Resultados y discusión

Durante el mes de septiembre del 2022 se obtuvieron en total 252 mediciones realizadas en las zonas comerciales seleccionadas para el presente estudio (Mercado San Martín, Mercado San Sebastián y Centro Comercial Real Plaza) con la ayuda de las aplicaciones móviles anteriormente descritas.

En el mercado San Martín (Tabla 1) los promedios de los niveles de ruido obtenidos con ambas aplicaciones fueron similares en la sección de carnes que en la sección de comidas ( $p>0,05$ ). En el mercado San Sebastián (Tabla 2) los promedios de los niveles de ruido obtenidos con ambas aplicaciones fueron mayores en la sección de carnes que en la sección de comidas ( $p<0,05$ ). En el centro comercial (Tabla 3), los promedios de los niveles de ruido obtenidos con ambas aplicaciones fueron mayores en el patio de comidas que en la sección de carnes del supermercado ( $p<0,05$ ).

**Tabla 1.** Niveles de ruido del mercado San Martín en las secciones carnes y comidas

Sección	Sonómetro A (dB)	Sonómetro B (dB)
<b>Carnes*</b>		
Promedio	81,81	78,43
Mínimo	67,62	62
Máximo	90,0	95,43
<b>Comidas*</b>		
Promedio	80,76	78,14
Mínimo	66,14	64,67
Máximo	89,86	98,81
Máximo	89,86	98,81

\*Prueba U de Mann-Whitney;  $p>0,05$

**Tabla 2.** Niveles de ruido del mercado San Sebastián en las secciones carnes y comidas

Sección	Sonómetro A (dB)	Sonómetro B (dB)
<b>Carnes*</b>		
Promedio	78,95	83,10
Mínimo	62,67	65,67
Máximo	90,19	107,33
<b>Comidas*</b>		
Promedio	77,05	76,10
Mínimo	59,38	63,10
Máximo	88,95	104,52

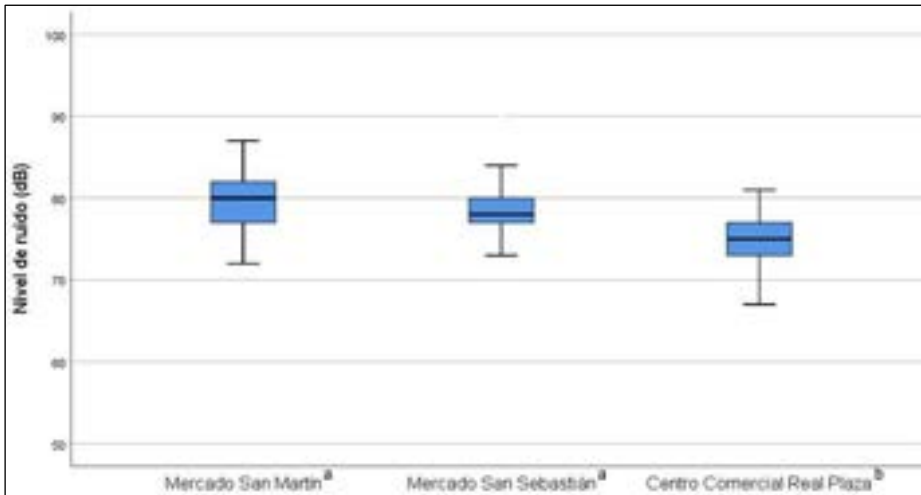
\*Prueba U de Mann-Whitney;  $p < 0,05$

**Tabla 3.** Niveles de ruido del Centro Comercial Real Plaza en sector carnes y comidas

Sección	Sonómetro A (dB)	Sonómetro B (dB)
<b>Carnes de Plaza Veá*</b>		
Promedio	72,67	72,29
Mínimo	57,33	60,86
Máximo	87,52	86,05
<b>Patio de comidas*</b>		
Promedio	77,71	77,43
Mínimo	62,0	67,76
Máximo	88,81	92,29

\*Prueba U de Mann-Whitney;  $p < 0,05$

Al comparar los niveles de ruidos en los diferentes mercados se puede observar la diferencia ( $p < 0,05$ ), siendo el mercado San Martín y el mercado San Sebastián los que presentaron los mayores niveles de ruido en comparación con el Centro Comercial (Figura 1).



Prueba de Kruskal- Wallis. Letras diferentes indican diferencias estadísticamente significativas entre mercados ( $p < 0,05$ ).

**Figura 1.** Niveles de ruido promedio en diferentes zonas comerciales de la ciudad de Cajamarca registrados por las dos aplicaciones empleadas en el estudio

Al comparar los niveles de ruidos en los diferentes mercados se puede observar la diferencia ( $p < 0,05$ ), siendo el mercado San Martín y el mercado San Sebastián los que presentaron los mayores niveles de ruido en comparación con el Centro Comercial (Figura 1).

Al realizar la comparación entre los promedios de los niveles de ruido, obtenidos con ambas aplicaciones en los mercados San Martín y San Sebastián se observó que presentaron los mayores niveles sonoros (Tabla 1, Tabla 2 y Figura 1), principalmente en la sección de carnes, debido a que se utilizan varias herramientas, como cortadoras de carne, molinillos de carne, afiladores, megáfonos, equipos de sonido, y por otro lado en ese turno de la mañana hay mayor concurrencia de personas y las diferentes fuentes emisoras de ruido también se incrementan.

Los resultados concuerdan con Mori (2022), quien reporta datos sobre el horario de mayor ruido que fue en la mañana, llegando a registrar hasta 41,2 dB, aunque sus datos corresponden a un mercado de provincia de Celendín, el mayor% de ruido fue entre las 10:00 – 13:00 horas. Mori también cita a Miranda (2016), que en su investigación sobre Determinación de nivel de ruido proveniente de los mercados San Alfonso y la Condamine y su influencia en la población de los alrededores de la ciudad de Riobamba en Ecuador, obtuvo un 95% de la población encuestada, que respondieron que el ruido es más fuerte en la mañana. Lo cual se entiende que los trabajadores de los centros comerciales y mercados perciben más el ruido en el transcurso de la mañana por la mayor afluencia de personas y todas fuentes de ruido que se activan durante la comercialización de sus productos.

Con respecto al centro Comercial Real Plaza (Tabla 3 y Figura 1), el registro del ruido fue menor a diferencia de los mercados. En este lugar se reúnen las familias completas, grupos de amigos, es decir es una área que convoca una multitud de personas y socialmente están acostumbrados a reunirse y participar de una serie de eventos que ahí se realizan, como conciertos y diversos show infantiles, y precisamente se realizan el patio de comidas que se ubica en el segundo nivel, mientras que en el primer nivel está la sección de Plaza Veá, que está clasificado como una Empresa de Sector Terciario de Servicio que brinda, atención al cliente en cerca de 30 pasillos, en los que constantemente se emiten mensajes de ofertas a través de altavoces dentro del recinto comercial, aumentando así la intensidad del ruido y las consecuencias en las personas. Otro aspecto importante que se debe tener en cuenta es el tiempo promedio que permanecen los compradores, el que está considerado entre 1 hora y 1,30 minutos, y mientras mayor sea el tiempo de exposición al ruido, mayores pueden ser las consecuencias en su salud auditiva.

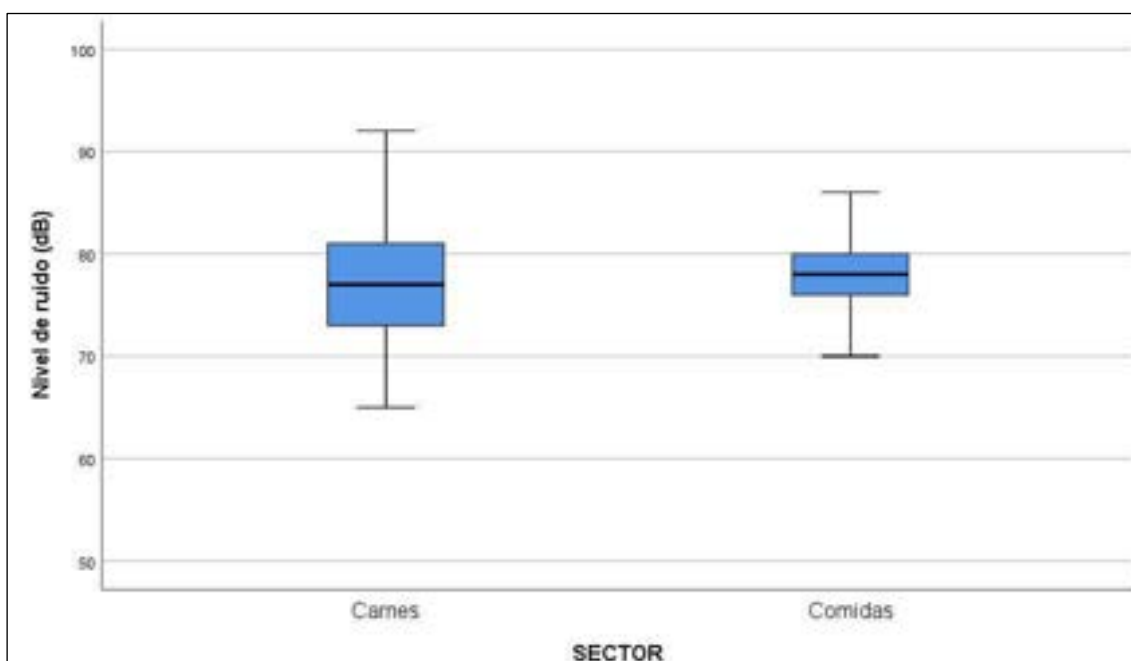
En el centro comercial, los promedios de los niveles de ruido obtenidos con ambas aplicaciones fueron mayores en el patio de comidas que en la sección de carnes del supermercado (Tabla 3), tal como se explicó, además del ruido de la conversación entre los comensales, se aúna el ruido de la televisión, de las radiodifusoras y/o equipos de música.

También es necesario resaltar algunas actividades que incrementan el ruido, en los dos mercados y en el Centro comercial estudiado, por ejemplo, cuando se genera la relación en el mercado o en centro comercial, entre ellas se puede citar a la falta de concentración durante el trabajo, los desacuerdos entre vendedor y vendedor, o entre el vendedor y comprador. Y la consecuencia que se genera es la distracción cuando hay mucho ruido, la interrupción en sus conversaciones y además deben elevar la voz. (Mori 2022).

Otro impacto analizado por Mori 2022, es el impacto psicológico causado por la intensidad del ruido en los trabajadores del mercado modelo "Adolfo Absalón Aliaga Apaestegui" en la cual se evidencia que 49,2% siempre tienen cambios bruscos de humor, 29,2% nerviosismo, 26,4% irritabilidad y 61,6% a veces presentan estrés, los que fueron efectos más representativos que aquejan a la población. De modo similar Mori cita a Laguna (2018), quien evidenció efectos extra-auditivos del ruido en los comerciantes del área periférica del mercado central de León; siendo el estrés, la irritación, dificultad para dormir y la pérdida de la concentración, por otro lado, los menos representativos fueron la ira, inquietud, preocupación y tensión.

**Tabla 4.** Niveles de ruido en diferentes secciones de las zonas comerciales

Sección	Sonómetro A (dB)	Sonómetro B (dB)
<b>Carnes</b>		
Promedio	77,81	76,94
Mínimo	62,21	62,81
Máximo	89,24	96,27
<b>Comida</b>		
Promedio	78,51	77,22
Mínimo	62,51	65,17
Máximo	89,21	98,54

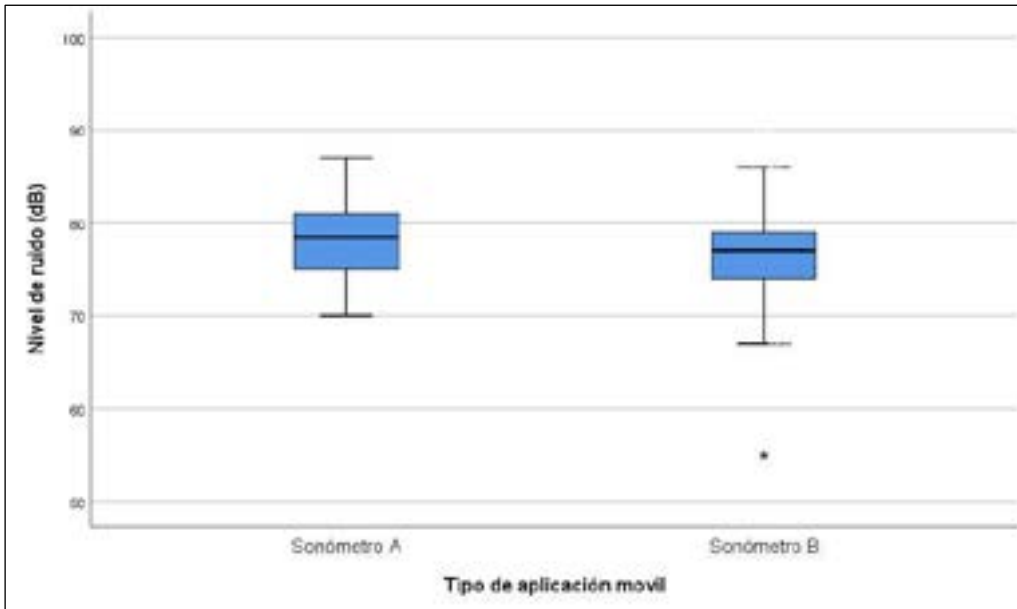


Prueba U de Mann-Whitney;  $p > 0,05$ .

**Figura 2.** Niveles de ruido promedio en diferentes secciones de las zonas comerciales estudiadas en la ciudad de Cajamarca registradas por las dos aplicaciones empleadas en el estudio

Cuando se compara de manera general, el nivel de ruido generado en las secciones de venta de carne con las secciones de venta de comida en las tres zonas estudiadas con ambas aplicaciones de celulares, se pudo evidenciar que no existe diferencia significativa, por lo que el nivel de ruido en ambas secciones es similar (Tabla 4, Figura 2). La mayoría de registros en las tres zonas estudiadas sobrepasan el nivel de 70 dB señalados, que al ser comparados con los ECA ruido (PCM, 2003), hace presumir, que existe un alto riesgo de sufrir alguna enfermedad ocupacional.





Prueba U de Mann-Whitney;  $p < 0,05$ .

**Figura 3.** Niveles de ruido promedio en las zonas comerciales estudiadas en la ciudad de Cajamarca registradas por las dos aplicaciones empleadas en el estudio

Al comparar los niveles de ruido, se observó que la aplicación móvil Sonómetro A registró niveles significativamente más altos que la aplicación Sonómetro B ( $p < 0,05$ ) (Figura 3). A pesar de esta diferencia, ambas aplicaciones son recomendables para el registro oportuno del ruido, respaldando hallazgos anteriores que destacan la utilidad de las aplicaciones de ruido en teléfonos inteligentes para la evaluación participativa en entornos urbanos (Kanjo, 2010; Murphy and King, 2016). Además, las aplicaciones móviles ofrecen ventajas como acceso rápido a la información, almacenamiento seguro de datos y mayor versatilidad, mejorando la conectividad y la disponibilidad de servicios (Santiago et al., 2019).

La portabilidad y la integración de sensores, como micrófono, cámara y GPS, hacen que los dispositivos móviles sean herramientas útiles para el monitoreo ambiental (Garg, Lim, & Lee, 2019). Numerosos estudios respaldan la viabilidad de utilizar aplicaciones móviles para medir el ruido con precisión comparable a los instrumentos profesionales (Aumond et al., 2017; Lefevre & Issarny, 2018; McLennon, Patel, Behar, & AbdoliEramaki, 2019; Murphy & King, 2016).

La conciencia ambiental de la población es crucial, y el uso de aplicaciones móviles por parte de los ciudadanos puede contribuir a la recopilación precisa de datos acústicos en entornos urbanos. Diversos estudios respaldan la efectividad de estas aplicaciones para obtener mapas y mediciones de ruido (Eiðfeldt, 2020; Garg et al., 2019; Kanjo, 2010; Lee, Garg, & Lim, 2020; Murphy & King, 2016a), y la integración con KoBoToolbox puede agilizar la recolección masiva de información acústica.

La contaminación sonora se reconoce como un problema de salud ambiental y ocupacional, con peligros inmediatos o graduales. Las pérdidas auditivas, derivadas del ruido, pueden prevenirse mediante programas de control y vigilancia de la salud auditiva en entornos laborales y comerciales. La normativa peruana otorga responsabilidad a los gobiernos municipales para el control del ruido.

El ruido, también conocido como contaminación silenciosa, es una forma común de contaminación ambiental que afecta a trabajadores y usuarios de centros comerciales. Aunque las personas pueden adaptarse a niveles elevados de ruido, sus efectos negativos en la salud emocional y física son innegables.

## **Conclusiones**

Este estudio demostró la viabilidad del empleo de aplicaciones informáticas en teléfonos móviles para llevar a cabo un monitoreo efectivo del ruido ambiental en tres zonas comerciales de Cajamarca durante el año 2022. La programación del monitoreo se diseñó específicamente para abarcar el horario diurno, con un énfasis particular en la mitad de la mañana, considerado el período más concurrido en los tres centros comerciales evaluados. Se realizaron un total de 252 mediciones en las áreas comerciales designadas, focalizando los puntos de monitoreo en las secciones de carnes y puestos de comida. Sin embargo, al comparar los registros de ruido obtenidos mediante las aplicaciones en las tres zonas comerciales, se constató que todas las mediciones superaron los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para el ruido, establecidos en 70 dB para el horario diurno. Estos resultados resaltan la urgente necesidad de abordar la problemática de la contaminación acústica en estas áreas comerciales y sugieren la importancia de implementar medidas correctivas para garantizar un entorno más saludable.

## **Referencias**

Álvarez, P., & Vega, P. (2009). Actitudes ambientales y conductas sostenibles: Implicaciones para la educación ambiental. *Revista de Psicodidáctica*, 14(2), 245-260. <https://www.redalyc.org/pdf/175/17512724006.pdf>

Aumond, P., Lavandier, C., Ribeiro, C., Gonzalez, E., Kambona, K., et al. (2017). A study of the accuracy of mobile technology for measuring urban noise pollution in large scale participatory sensing campaigns. *Applied Acoustics*, 117(Part B), 219-226. <https://doi.org/10.1016/j.apacoust.2016.07.011>

Crossley, E., Biggs, T., Brown, P., & Singh, T. (2021). The accuracy of iPhone applications to monitor environmental noise levels. *Laryngoscope*, 131, E59-62.

Eiðfeldt, H. (2020). Sustainable urban air mobility supported with participatory noise sensing. *Sustainability*,

12(8), 3320.

Fernández, A. (2013). 18 aplicaciones para cuidar el medio ambiente (Por en Eroski Consumer). Eroski Consumer España Noticias Ambientales. Disponible en: <https://www.cienciasambientales.com/es/noticias-ambientales/contaminacion-acustica-app-noisewatch-7428>

Garg, S., Lim, K. M., & Lee, H. P. (2019). An averaging method for accurately calibrating smartphone microphones for environmental noise measurement. *Applied Acoustics*, 143, 222-228.

Junta de Andalucía. (2020). *Ruido y Salud*. España: Junta de Andalucía; 68p.

Kanjo, E. (2010). NoiseSpy: A real-time mobile phone platform for urban noise monitoring and mapping. *Mobile Networks and Applications*, 15(4), 562–574.

Lefevre, B., & Issarny, V. (2018). Matching Technological & Societal Innovations: The Social Design of a Mobile Collaborative App for Urban Noise Monitoring. *IEEE International Conference on Smart Computing (SMARTCOMP)*, Taormina, Italy, 2018, pp. 33-40.

Llamoga, K., & Cuba, N. (2021). Niveles de contaminación sonora y percepción sobre los efectos en la salud de los pobladores del centro histórico de la ciudad de Cajamarca 2021. Cajamarca. Tesis. Universidad Privada Antonio Guillermo Urrelo.

Ludeña, P. (2018). Niveles de Ruido Ambiental En La Ciudad De Cajamarca Y Afectación En La Salud Humana. Tesis para obtener el grado de maestro en Ciencias. Universidad Nacional de Cajamarca. pp. 121.

McLennon, T., Patel, S., Behar, A., & Abdoli-Eramaki, M. (2019). Evaluation of smartphone sound level meter applications as a reliable tool for noise monitoring. *Journal of Occupational and Environmental Hygiene*, 16(9), 620-627. <https://doi.org/10.1080/15459624.2019.1639718>.

Mori, K. (2022). Intensidad del ruido y su impacto biopsicosocial en los trabajadores del mercado modelo “Adolfo Absalón Aliaga Apaestegui” de Celendín – Cajamarca. Tesis para optar el Grado Académico de Maestro en Ciencias. Mención Salud Ocupacional y Ambiental. Escuela de Posgrado. Universidad Nacional de Cajamarca. pp. 114.

Murphy, E., & King, E. A. (2016). Testing the accuracy of smartphones and sound level meter applications for measuring environmental noise. *Applied Acoustics*, Vol. 106, pp. 16-22.

Presidencia del Consejo de Ministros (PCM). (2003). Reglamento de Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Ruido. Decreto Supremo N° 085-2003-PCM.

Santiago, R., et al. (2019). Mobile Learning: nuevas realidades en el aula. Grupo Océano. pp. 8-26-27, 22-29. ISBN 9788449451454. Disponible en: <http://repositorio.sociales.uba.ar>

World Health Organization (WHO). (2015). Hearing loss due to recreational exposure to loud sounds. A review. Geneva: WHO;. 38 p.

Zuo, J., Xia, H., Liu, S., & Qiao, Y. (2016). Mapping Urban Environmental Noise Using Smartphones. Sensors (Basel, Switzerland), 16(10), 1692.