

# Evaluación de la contaminación acústica en el casco antiguo de la ciudad de Oruro, Bolivia

Grover Antonio **Pozo Ledo**

Universidad Técnica De Oruro • Oruro • Bolivia  
grover.pozo@doc.uto.edu.bo

Edmar Francisco **Cruz Vilca**

Universidad Técnica De Oruro • Oruro • Bolivia  
edmar.cruz@doc.uto.edu.bo

## Resumen

La centralidad urbana, el crecimiento demográfico y económico aumenta de manera significativa la contaminación acústica en la ciudad de Oruro, principalmente en el Distrito 1. Lo que puede derivar en diferentes secuelas a corto y mediano plazo en la salud auditiva como en la psicológica de un gran porcentaje de los habitantes. El objetivo de la investigación es evaluar la contaminación acústica en el casco antiguo de la ciudad de Oruro, para determinar a qué niveles y cuál es la percepción del ambiente a la que la población es expuesta. El estudio alcanzo 64 puntos de medición representando el 12% de la superficie del Distrito 1, abarcando una superficie aproximada de 452.000 m<sup>2</sup>, llegando a tener 9216 tomas de muestra en un lapso de cuatro semanas, coincidiendo con la vuelta a la nueva normalidad de actividades educativas a consecuencia del COVID-19. Estos indicadores revelaron que el 31.25% de los puntos analizados están por encima de los límites permisibles (75dB), que la frecuencia con la que este límite es rebasado está por encima de 25% y que los valores obtenidos están por encima de los límites sugeridos por la OMS en un 50%. Además se verificó la existencia de otras fuentes de emisión dentro del espacio público, que incrementan esta situación. Por otro lado se concluyó que las áreas verdes, dependiendo de su biomasa, son capaces de reducir la contaminación hasta un 25%. Siendo así, es imperativo proponer estrategias urbanas para futuras intervenciones y regulaciones que mitiguen esta problemática en la ciudad de Oruro.

**Palabras clave:** Contaminación acústica, medio ambiente, límites permisibles, mapa de ruido, casco viejo Oruro

## Abstract

Urban centrality, demographic and economic growth significantly increases noise pollution in the city of Oruro, mainly in District 1. This can result in different short and medium term consequences in the auditory and psychological health of a large percentage of the inhabitants. The objective of the research is to evaluate noise pollution in the old part of the city of Oruro, to determine at what levels and what is the perception of the environment to which the population is exposed. The study reached 64 measurement points representing 12% of the surface of District 1, covering an approximate area of 452,000m<sup>2</sup>, reaching 9216 samples in a period of four weeks, coinciding with the return to the new normality of educational activities as a result of COVID-19. These indicators revealed that 31.25% of the points analyzed are above the permissible limits (75dB), that the frequency with which this limit is exceeded is above 25%, that the values obtained are above the limits suggested by the WHO by 50%. In addition, the existence of other emission sources within the public space increases this situation. But at the same time green areas depending on their biomass are able to reduce pollution up to 25%. It is imperative to propose urban strategies for future interventions and regulations to mitigate this problem in the city of Oruro.

**Keywords:** Noise pollution, environment permissible limits, noise map, old town Oruro

## Introducción

A medida que la población y sus características demográficas se desarrollan, el avance tecnológico y el poder adquisitivo causa un crecimiento de los centros urbanos de manera constante y progresiva transformándolas. Este crecimiento en las ciudades de Latinoamérica que generalmente ha desbordado las capacidades municipales, incluso sus centros históricos, ocasiona distintos tipos de problemas, algunos recurrentes y otros que se generan de manera particular y espontáneamente. Uno de ellos es la contaminación acústica siendo un tema poco tratado o regulado por las políticas públicas. Si bien existen una serie de normativas y recomendaciones de distintos organismos, el desconociendo o el desinterés en estas ocasiona distintos tipos de problemas. Se ha comprobado que esta problemática y que la exposición prolongada a ciertos niveles de ruido trae consigo afecciones en distintos niveles sobre la salud pública que puede incluso afectar al comportamiento psicológico de quienes habitan el sector y a los visitantes ocasionales.

En la ciudad de Oruro principalmente en su centro histórico o “Casco viejo” se reconoce esta contaminación a consecuencia de la centralidad urbana de esta urbe. Donde se están generando espacios nada saludables y que afecta a todos los habitantes, ciudadanos propios y visitantes. Debido a una carente aplicación normativas o estudios que debelen los niveles y factores de contaminación acústica que se generan en este espacio público. Para ello se plantea un estudio en el cual se toma un sector representativo como el 12.5% de la superficie del Distrito N1 y en cual converge la mayor cantidad de actividades e instituciones de la ciudad de Oruro. El objetivo de la investigación es verificar si las condiciones acústicas son adecuadas para el desarrollo saludable de los habitantes en el área delimitada de estudio que se encuentra dentro del centro de la ciudad de Oruro. Partiendo de la hipótesis que en las condiciones existentes en el centro de la ciudad se aprecia niveles de ruido fuera de los límites permisibles por ley y más aun de las recomendaciones internacionales.

Los datos obtenidos, el análisis y la interpretación de los valores verificados en el área de estudio, ayudan a identificar áreas de contaminación acústica, áreas saludables acústicamente, además de las posibles actividades y focos emisores de ruido. Generando con resultado final un mapa de ruido, presentado gráficamente la representación de estos niveles de contaminación en la trama urbana. Permitiendo plantear soluciones inmediatas al problema de la contaminación acústica, a los puntos emisores y a las actividades que generan contaminación.

Estas medidas de mitigación podrán y deben ser planteadas o controladas, por las autoridades Municipales a partir de generar; políticas públicas, intervenciones urbanas tácticas en la ciudad, como la planificación urbana y de las infraestructuras verdes. Las cuales son replicables en la toda expansión de la mancha urbana. Con la finalidad de concebir una ciudad con un menor impacto acústico, por ende, más sostenible, resiliente en el camino de mitigar en parte las consecuencias del propio impacto climático.

## Materiales y métodos

La metodología planteada para la investigación es experimental y de observación científica, puesto que la elección de muestro está basada en puntos localizados en aforos vehiculares y peatonales en horas pico dentro de esta centralidad urbana en la ciudad de Oruro, donde se generan congestión y por ende una contaminación acústica constante. Estos puntos fueron evaluados durante horas determinadas del día, pero al mismo tiempo en un lapso de 30 días. Utilizando un método deductivo e inductivo de manera sistémica determinando así una grilla para la observación y monitoreo de fuentes fijas y móviles que nos permita establecer la relación con el entorno urbano centralizado de la ciudad, por ende, con las personas y la salud

pública de este entorno. Obteniendo la modelación de la base de datos, que de manera cuantitativa y gráfica nos proporcione las pautas necesarias para definir las medias de mitigación y adaptación ante esta problemática.

### Instrumentos y técnica

Se utilizó cuatro sonómetros, como instrumento portátil para medir niveles sonoros de forma normalizada, proporcionando medidas objetivas y reproducibles. Las que se miden en Decibeles (dB)<sup>1</sup>. Los equipos utilizados son dos sonómetros de la marca BAFX3608 - Rangos: 30-80, 50-100, 60-110, 60-130, 30-130 dB y dos sonómetros EXTECH 407732 - Rangos: 35 a 100 dB (bajo) y 60 a 130 dB (alto) Ambos con el mismo radio de espectro y que tiene la función "MAX Hold" que mostrará la lectura más alta registrada.

<sup>1</sup> Decibel (dB) Unidad que se utiliza para medir la intensidad del sonido y otras magnitudes físicas. Es igual a 20 veces el logaritmo decimal del cociente de la presión de sonido ejercida por un sonido medido, y la presión de sonido de un sonido estándar equivalente a 20 micropascales.

Para el muestreo se tomó en cuenta las siguientes consideraciones sobre la medición según el equipo utilizado.

- El viento que resopla en el micrófono puede aumentar la medida de ruido.
- Se debe usar la pantalla contra viento para cubrir el micrófono cuando sea necesario.
- Calibrar el instrumento antes de cada uso si es posible. Especialmente si el medidor no ha sido usado durante largo periodo.
- No operar el instrumento en áreas de altas temperaturas o humedades.
- Mantener seco el medidor y el micrófono.
- Evitar la vibración severa.

### Diseño del estudio

El muestreo se realiza en puntos de la ciudad previamente establecidos, por un lapso de 4 semanas, el cual inicio el 11 de abril concordando con una vuelta a una nueva normalidad a efectos de la pandemia del COVID-19. Siendo este escenario el más favorable por el



Figura 01

Equipo de medición Sonómetros BAFX3608 y EXTECH 407732

Fuente: Fotografía propia Equipo laboratorio de Medio Ambiente - F.A.U.-U.T.O.

masivo retorno a las actividades comerciales, de oficina y en gran medida de regreso a clases de estudiantes universitarios y colegiales en un horario más normalizado. La toma de muestra finaliza el sábado 9 de mayo. El equipo estaba conformado por dos personas, las cuales realizaron las tareas de; capacitación y manejo del equipo, toma de datos de fuentes emisoras, adecuación de parámetros de medición, sistematización de resultados. Las mediciones consideran para el estudio el valor medio de tres tomas de datos por punto y el valor máximo obtenido en la retención de la medición.

### Determinación espacial y puntos de medición

Para la investigación se definió un área de estudio considerada como de mayor densidad de la ciudad y que concentra gran cantidad de actividades económicas, laborales, de servicio y educativas, conformado un cuadrante de 48 manzanas. El estudio abarca una superficie aproximada de 452.000m<sup>2</sup> representado el 12.5% de Distrito N1<sup>2</sup> de la ciudad. Los límites están delimitados por las siguientes calles:

- Al Norte, la calle Nicolás Caro
- Al Este, la Avenida 6 de agosto y estación ENFE
- Al Oeste, la calle Presidente Ismael Montes
- Al Sud, la Calle Ildefonso Murguía

En este sentido aprovechando la estructura de damero urbano se conformó una grilla estableciendo nodos de intersección para definir en estos los Puntos de Medición (PM). Estos nodos de medición

2 Según PDM de la ciudad de Oruro la mancha urbana de la ciudad es de 7.822,02 Ha y el Distrito 1 tiene un área urbana de 37141 Ha

Figura 02

Distribución de grilla de medición y PM sobre mapa

Fuente: Elaboración propia



que están conformados por 4 esquinas de Manzanos nos identifican de manera clara y sistemática la obtención de toma de datos para el muestro. También se identificó tres áreas verdes importantes dentro de este cuadrante donde también se realizaron las mediciones como un punto de referencia para la mitigación de una posible contaminación acústica. Por lo que contamos para el muestro con 66 PM dentro del área de estudio.

### Procedimiento de medición

Para este proceso se tomó en cuenta un lapso de tiempo de 4 semanas de medición teniendo en cuenta los días lunes, miércoles y sábado como marco de referencia semanal de mayor concentración de actividades y por ende de la evaluación de la contaminación acústica para la toma de muestra. Además, se determinó un feriado nacional dentro de este lapso temporal para establecer un referente de muestreo donde la actividad de la población es drásticamente menor en el área de estudio, con la finalidad de obtener un elemento comparativo para la propuesta de mitigación. En los días de medición se establecieron horarios relevantes para la toma de muestra en los PM en los horarios de 8:00 a 9:00, de 12:00 a 13:00 y de 18:00 a 19:00. Siendo estos los horarios de mayor aforo y congestión.

Para el procedimiento de medición se ajustaron los equipos en una "ponderación A", que se usa comúnmente para programas ambientales o de conservación del oído, con tiempo de respuesta rápida de (125ms) ambos con una selección de escala de "Hi" 65 a 130dB, complementado además con la utilización de la función de retención de máximos, el cual solo actualiza la LCD haciendo que el medidor detecte la lectura más alta registrada en los puntos de muestro.

Aplicando en un tiempo de medición de 3 intervalos de 5 minutos recomendados por RMCA<sup>3</sup>, pero también se tomó la muestra adicional de retención de máximos a lo largo del muestreo, para así obtener picos acústicos teniendo en cuenta un lapso de tiempo considerable a esta exposición. Alcanzando así 4 tomas de muestra por horario de medición en cada PM en el lapso de 4 semanas, lo que nos da un total de 9216 tomas de muestra en el área de estudio

**3** RMCA. Reglamento en materia de contaminación atmosférica dentro del anexo 6 Límites permisibles de emisión de ruido.

## **Resultados**

Para el análisis de la contaminación acústica de esta investigación primeramente se debe entender que este tipo de contaminación tiene consecuencias a mediano y largo plazo en la salud de la población en general y en consecuencia tiene efecto sobre las condiciones normales del medio ambiente. Como lo describe Berglund et. al (1999), esta contaminación genera efectos específicos como: deficiencia auditiva causada por el ruido, interferencia en la comunicación oral, trastorno del sueño y reposo, efectos psicofisiológicos, sobre la salud mental y el rendimiento, efectos sobre el comportamiento e interferencia en actividades. También los autores consideran relevante hacer un énfasis sobre los grupos vulnerables y los efectos combinados de fuentes fijas y móviles de ruido en el espacio público, lo cual incrementa el este problema de manera progresiva. Como lo señala OSMAN (2010), estos efectos también están en las denominadas "zonas grises"<sup>4</sup>, en la que los niveles de ruido causan serias molestias durante todo el día y afecta a personas que ejercen una actividad en ese lugar. Esta problemática es cada vez más abordada sobre todo en las ciudades o centros urbanos que concentran gran cantidad de actividad. Para De Gortari (2013: 62) cada ciudad presenta diferentes características en sus niveles de contaminación, y aun cuando existe un consenso de que la contaminación acústica ha deteriorado en confort de las zonas urbanas y por ende en la calidad de vida de los diferentes actores de la misma, se ha relegado este problema a una preocupación secundaria.

**4** Zonas Grises, no aptas para residencia ni comercio.

Es por ello que es necesario esclarecer parámetros o valores homogenizables para realizar una lectura sobre contaminación acústica, puesto que la normativa nacional vigente no ha sido actualizada. En cambio, los estudios y políticas públicas implantadas por otros países han avanzado mucho en relación a planes de acción y control para reducir la exposición al ruido y por ende mejorar la calidad de vida de las personas. (OSMAN, 2010).

Comparación de límites permisibles

Para poder analizar los niveles obtenidos en los PM de la investigación, es necesario conocer, establecer y comprender los límites establecidos del Reglamento en Materia de Contaminación Atmosférica normalizada en volví a por el MMAyA (1992) bajo la ley N°1333. Estos deben ser contrastados con los límites recomendados por la organización mundial de la salud (OMS) puesto que es imperativo establecer rangos de valores acústicos recomendados que influyen en la salud, la psiquis, el rendimiento y el bienestar de las personas para comprender la importancia de la exposición a esta contaminación como lo señala Berglund et. al (1999), en un estudio realizado por la OMS. Pero al mismo tiempo contrastando estudios y actualizando de los valores por centros de investigación médicos que estudian el impacto ambiental de la contaminación acústica (OSMAN, 2010).

La normativa vigente en su Reglamentación divide las fuentes de emisión en fuentes fijas (Ff) y fuentes móviles (Fm), también señala sus máximos o límites permisibles en (dB). Dentro de las fuentes fijas indica que en un horario de seis a las veintidós horas el límite permisible es de 68dB, pero también señala que en lugares que se localicen en áreas cercanas a centros hospitalarios, guarderías, escuelas, asilos y otros lugares de descanso, no deben rebasar el límite máximo permisible de emisión de ruido de 55dB. Además, establece un límite máximo de 75dB para amplificadores, parlantes que estén situados hacia la vía pública. En el caso del límite máximo permiso de las fuentes móviles esta se regula según el tonelaje o capacidad de carga de los motorizados y varían en un rango de 79dB a 84dB. (MMAyA, 1992).

Tabla 01

Resumen de la Reglamente de contaminación atmosférica Límites permisibles de emisión de ruido.

| Límites Permisibles de   | Emisión de Ruido (Anexo 6) |
|--------------------------|----------------------------|
| Fuentes de Emisión (FE)  | Max. (dB)                  |
| <b>Fuente Fija (Ff)</b>  |                            |
| Hospitalarios, Asilos    | 55                         |
| Guarderías, Escuelas     | 55                         |
| Lugares de descanso      | 55                         |
| Vía pública noche        | 65                         |
| Vía pública              | 68                         |
| Amplificadores           | 75                         |
| Aeropuertos              | 115 -140                   |
| <b>Fuente Móvil (Fm)</b> |                            |
| Vehículos de 3T.         | 79                         |
| Vehículos de 10T.        | 81                         |
| Vehículos > a 10T.       | 84                         |
| Motocicletas             | 84                         |

Fuente: Elaboración Propia a partir de Límites Permisibles de Emisión de Ruido (MMAyA, 1992)

A partir de este resumen de valores mostrados en la tabla extraída de diferentes referentes y además contrastada con los valores recomendados por la organización mundial de la salud OMS. Distinguiremos tres rangos fundamentales; el primero de 55dB que se encuentra normalizado por la unión europea como el rango máximo permitido en áreas o espacios públicos urbanos WHO (2018). El siguiente limite permisible es de 70dB, (ambiente molesto) teniendo en cuenta que no debería existir una exposición prolongada en horas a estos niveles de ruido, ya que el mismo provoca efectos en el campo psicológico por el estrés producido, por ruido ambiental, como también afecciones graves a la salud, que causan daños permanentes como la pérdida parcial de la capacidad auditiva. (OSMAN, 2010). El último límite permisible es el más dañino para la salud pública, el cual llega a un umbral de dolor con exposición menor a un minuto, dejando secuelas permanentes y severas. Este límite se encuentra cuando se rebasan los 130 dB y generalmente se produce

en el despegue de aviones en aeropuertos como en explosiones o similares.

Para la investigación se toma en cuenta los límites establecidos según normativa y apoyada en la percepción del ambiente, como en los límites establecidos por la OMS, dado que los mismos son referenciados en investigaciones actualizadas que muestran una relación mucho más específica con la salud pública y los efectos de la contaminación acústica. La ciudad de Oruro, por lo tanto, no está exenta de esta contaminación y la investigación muestra como resultado que tanto las fuentes fijas como las móviles resultan en una sumatoria que agrava la contaminación acústica y que está directamente relacionada por fenómenos tales como el tráfico, las bocinas de vehículos, las bocinas modificadas, el aditamento de roncadores en tomas de escape de autos, pero al mismo tiempo acompañada de la constante actividad comercial, las construcciones y el aforo de personas en puntos estratégicos dentro del área de estudio.

#### Medición sobre el casco viejo de Oruro

Al realizar el muestreo y estar ubicados en el Distrito 1 que por su centralidad y densificación es zona de una alta intensidad de aforos, donde la relación de los actores confluye casi de manera caótica y entremezclada. Como lo señala el PDM de la ciudad de Oruro, este Distrito concentra un excesivo congestionamiento del tráfico vehicular por la misma centralidad que alberga el funcionamiento de la administración pública servicios sociales, educativos, salud, de seguridad y la actividad comercial por nombrar algunos. Específicamente en el área de estudio encontramos; 18 Equipamientos de orden públicos, 15 unidades de educación, 15 agencias bancarias, 5 centros universitarios o dependientes, 4 centros médicos, 3 mercados de abasto, 6 agencias de servicios, 4 áreas verdes y además se concentra una gran actividad comercial de tiendas en general por todas las calles, como también oficinas, consultorios u otros de similares características. Además de concentrar, aunque de manera esporádica, pero con bastante regularidad diferentes eventos sociales, marchas de protestas, desfiles de los colegios con bandas, y en algunas épocas del año recorridos de conjuntos y ensayos previos al carnaval de Oruro.

Esta centralidad y confluencia de usos hace que el área de estudio sea de mayor relevancia para la investigación, puesto que en esta superficie se concentra la mayor densidad poblacional del municipio y que al mismo tiempo alberga muchas actividades de los otros distritos como de otros municipios. Por lo que, la cantidad de personas que circulan en este espacio urbano es muy importante, lo cual afecta a una cantidad de población mucho mayor que solo la que habita en ella.

#### Intersección de los nodos

A partir de la grilla dispuesta para la distribución de Nodos se identifica 64 PM, los cuales están ordenados en ejes, de la A hasta la H en el eje Y, y del 1 al 8 en el eje X. Esto permite ordenar de manera mucho más precisa las ubicaciones dotando de un código a cada PM (ejemplo PM - A1, calle presidente

| Actividades                                                                                             | Nivel (dB) | Percepción del ambiente      |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|------------------------------|
| Pisada                                                                                                  | 10         | Ambiente silencioso          |
| Viento                                                                                                  | 20         |                              |
| Estudio de grabación                                                                                    | 20         |                              |
| Conversación baja                                                                                       | 30         | Ambiente poco Ruidoso        |
| Oficina, biblioteca                                                                                     | 30         |                              |
| Interior vivienda, dormitorio                                                                           | 35         |                              |
| Nivel propuesto OMS aire libre                                                                          | 55         | Nivel establecido por la OMS |
| Escuelas, aulas                                                                                         | 55         | Ambiente Ruidoso             |
| Áreas recreativas                                                                                       | 55         |                              |
| Conversación                                                                                            | 60         |                              |
| Nivel propuesto OMS exposición prolongada (causará pérdida de audición y otras afectaciones a la salud) | 70         | Nivel establecido por la OMS |
| Electrodomésticos                                                                                       | 70         | Ambiente Molesto             |
| Áreas industriales                                                                                      | 70         |                              |
| Áreas comerciales                                                                                       | 70         |                              |
| Calle transitada                                                                                        | 70         |                              |
| Tránsito vehicular congestionado                                                                        | 80         |                              |
| Músicas auriculares                                                                                     | 80         |                              |
| Trasporte carga pesada                                                                                  | 90         | Ambiente Deterioro           |
| Ambientes de ocio                                                                                       | 100        |                              |
| Ceremonias                                                                                              | 100        |                              |
| Construcciones                                                                                          | 110        |                              |
| Festivales conciertos                                                                                   | 120        |                              |
| Nivel propuesto OMS baja exposición (causará pérdida de audición permanente)                            | 130-150    | Ambiente Dolor               |
| Despegue de avión                                                                                       | 130        |                              |
| explosiones                                                                                             | 150        |                              |

Tabla 02

Valores guía para el ruido urbano en espacios específicos.

Fuente: Elaboración Propia a partir de OSMAN (2010), Berglund et. al (1999) y OMS

Montes esquina Ildelfonso Murguía). Se realizó un análisis estadístico a través de la recolección de datos en tablas por cada horario y día programado, por un lapso de 4 semanas donde se obtuvo datos relevantes para el estudio.

La tabla 03 muestra la frecuencia con la que se emite sonido y el porcentaje dentro de determinados intervalos de decibelios, donde observamos los valores medios obtenidos y los valores máximos alcanzados en el monitoreo. Dentro del intervalo mayor a 75 dB encontramos que en especial por la tarde y por la noche en horas pico, estos valores representan más del 27% de la frecuencia de emisión. Los valores entre 70dB y 74dB que representan el 29% de la emisión Sonora. Claramente encontrándonos fuera de las recomendaciones emitidas por OMS y al mismo tiempo estando fuera de la normativa vigente RMCA. Entendiendo que más de un 25% de la emisión de ruido medio y máximo generada en el área de estudio estaría en un límite de ambiente molesto lo cual tiene relación directa con daños a la salud pública y que puede generar afecciones psicológicas. Y la exposición prolongada a estas genera secuelas a media y largo plazo. (OSMAN 2010).

Para ser más específicos el estudio permitió generar y sistematizar los datos de manera que se pueda observar la totalidad del espectro de datos obtenido en los 64 PM, con la finalidad de obtener un resultado cohesionado y contundente sobre el área de estudio. En la figura 3 observamos que los niveles de contaminación acústica producidos durante los días de muestro tienen pocas variaciones, verificando que los límites señalados son rebasados de manera progresiva en los diferentes horarios.

Se pudo detectar algunas particularidades con respecto a la emisión de niveles altos y los niveles bajos en determinados puntos de la Grilla.

Los puntos más altos detectados que están por encima de 75dB llegando hasta 98dB, se encuentran en cercanías a los centros de abasto y comercio esencialmente, como también cerca de sectores de administración pública y picos excepcionales en centros educativos. También observamos una media superior a los 75dB en los ejes 3, 4, 5, C, E y F, siendo estas las de mayor congestión de tráfico vehicular. Los días miércoles y sábado que son días de feria comercial, detonan otros puntos particulares, pero solo a medio día y parte de la noche por la concentración de compradores y mayoristas. Por contraparte es interesante advertir como valores que se encuentra por debajo de 60dB son los que están más cercanos a un espacio verde o dentro de la estación de trenes, que aglomera una cantidad interesante de árboles en su perímetro.

Tabla 03

Frecuencia de valores de sonido detectadas

| Día       | (dB)  | 08:30  | 8:30<br>máx. | 12:30  | 12:30<br>máx. | 18:00  | 18:00<br>máx. |
|-----------|-------|--------|--------------|--------|---------------|--------|---------------|
| Lunes     | > 75  | 25.00% | 70.31%       | 40.63% | 82.81%        | 43.75% | 78.13%        |
|           | 70-74 | 37.50% | 18.75%       | 32.81% | 6.25%         | 21.88% | 9.38%         |
|           | 65-69 | 21.88% | 6.25%        | 10.94% | 3.13%         | 18.75% | 1.56%         |
|           | 60-64 | 9.38%  | 4.69%        | 9.38%  | 6.25%         | 9.38%  | 7.81%         |
|           | < 60  | 6.25%  | 0.00%        | 6.25%  | 1.56%         | 6.25%  | 3.13%         |
| Miércoles | > 75  | 34.38% | 67.19%       | 32.81% | 68.75%        | 29.69% | 68.75%        |
|           | 70-74 | 18.75% | 17.19%       | 39.06% | 12.50%        | 25.00% | 12.50%        |
|           | 65-69 | 34.38% | 9.38%        | 18.75% | 9.38%         | 28.13% | 10.94%        |
|           | 60-64 | 6.25%  | 4.69%        | 6.25%  | 9.38%         | 9.38%  | 7.81%         |
|           | < 60  | 6.25%  | 1.56%        | 3.13%  | 0.00%         | 7.81%  | 0.00%         |
| Sábado    | > 75  | 23.44% | 57.81%       | 26.56% | 76.56%        | 29.69% | 67.19%        |
|           | 70-74 | 20.31% | 15.63%       | 28.13% | 7.81%         | 26.56% | 18.75%        |
|           | 65-69 | 28.13% | 12.50%       | 25.00% | 9.38%         | 23.44% | 4.69%         |
|           | 60-64 | 12.50% | 9.38%        | 10.94% | 6.25%         | 14.06% | 6.25%         |
|           | < 60  | 15.63% | 4.69%        | 9.38%  | 0.00%         | 6.25%  | 3.13%         |

Fuente: Elaboración propia

### Otras Fuentes de Emisión

Para estos valores se realizó la medición de dos maneras: la primera teniendo en cuenta puntos específicos de tomas de muestra ya que son fuentes fijas; para el segundo tipo al ser fuentes móviles ocasionales, la totalidad de veces registrada en el lapso de medición, es decir, la cantidad de veces que se produjo el fenómeno mientras se realizaba el muestro.

Se verificaron 765 registros de vendedores ambulantes que anuncian sus productos, ya sea con parlantes o a viva voz, 22 puntos de parlantes externos, 5 puntos de construcción, 3450 motocicletas en aceleración, 5426 usos de bocinas de automóviles, 1234 uso de roncadores en escapes de vehículos, 2132 usos de bocina de silbido y 25 usos de sirena. En la Figura 4 observamos cómo en estas fuentes sonoras, en la mayoría de los casos, la media se encuentra por encima

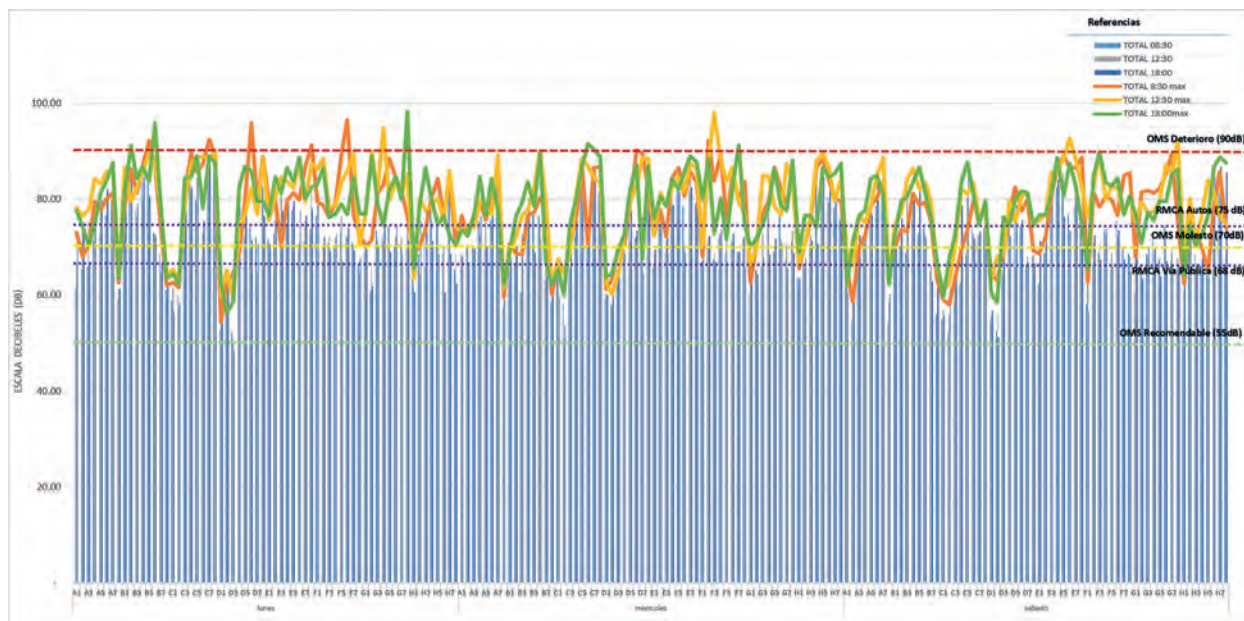


Figura 03

Resumen PM en grilla con límites  
RMCA Y OMS

Fuente: Elaboración propia

de la normativa vigente, y los límites máximos de la retención alcanzan una medición llegando al ambiente de deterioro. Lo que resalta es el uso de parlantes alcanza un 74.4 dB como valor medio y un 84.3 dB como un máximo alcanzado. Otro elemento importante es el uso de bocinas, bocinas con silbido y roncadores en el escape como los factores más críticos ya que estos pueden alcanzar valores superiores a los 100 dB; representando los mismos un elemento altamente nocivo y sin regulación por la autoridad competente.

### Áreas verdes

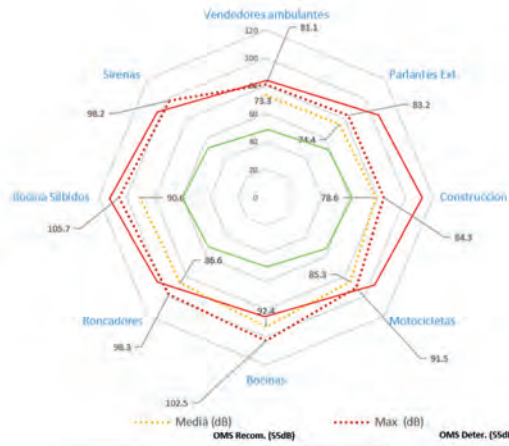
Para el estudio se definieron tres áreas verdes siendo éstas las más relevantes dentro del área de estudio, esto por también por ser las únicas dentro de la misma y al mismo tiempo poseer superficies de considerable extensión dentro del área de muestreo, que además presentan la mayor concentración de árboles (cobertura) y espacio público abierto. Por qué se cifro como punto de medición de área verde (AV) los siguientes; La plaza 10 de febrero con una superficie de 1.718,19m<sup>2</sup> cobertura de 95%, La Plaza Castro de Padilla con 1.863,00m<sup>2</sup>, cobertura del 98% y el parque Simón Bolívar con 554,00 m<sup>2</sup> con cobertura de 80%. Se consideraron estos puntos ya que diferentes ciudades plantean como estrategias urbanas el aumentar la vegetación o en todo caso la arborización para la mitigación de la contaminación atmosférica. Como lo comprueba Robles et. al (2019) las áreas verdes son consideradas mitigadoras del ruido, como barrera vegetal para disipar ondas sonoras, disminuir la contaminación acústica y mejorar la calidad del entorno.

Como podemos observar en la Figura 05 si bien se esperaba que la atenuación del ruido fuera mucho más constante en los máximos alcanzados se entiende que al ser una época de otoño para la biomasa del follaje se ha perdido y como lo concluye Robles et. al (2019), para obtener una mayor variación es necesario una mayor proporción de especies perennifolias con follaje presente a lo largo de todo el ciclo anual. Como observamos, la Plaza Castro de Padilla (AV2) es la que mayor reducción de ruido muestra en comparación con su entono en la grilla llegando a 54.20dB con una máxima

de 65.7dB. En reducción de ruido le sigue La plaza 10 de febrero, que por su alta concentración de actividades tanto administrativas como de ocio y al ser un punto histórico referente de la ciudad, la variación obtenida es menor, pero aun así es considerable para el estudio, alcanzando 58.56dB como un valor medio y con máxima de 70.21dB. Finalmente, el parque Simón Bolívar que es el de menor superficie y follaje, presenta una media de 64.45dB y una máxima de 76.54dB.

Figura 04

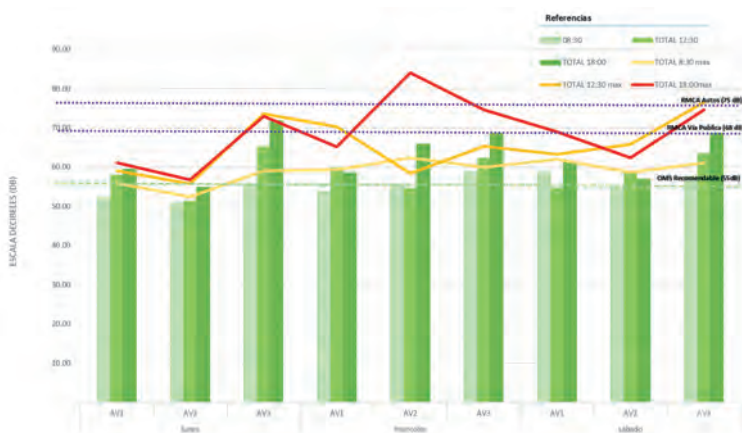
Identificación y monitores de otras fuentes sonoras



Fuente: Elaboración propia

Figura 05

Muestra en áreas verde de área de estudio (AV)



Fuente: Elaboración propia

### Mapa de ruido

Para poder identificar las zonas de mayor contaminación acústica se elabora el mapa de ruido generada a partir de todos los PM establecidos, asumiendo los puntos de áreas verdes (AV). Esto para poder identificar con mayor precisión puntos o ejes estratégicos que representan la contaminación diaria a la que está expuesta la población que circula por el casco Urbano. En este sentido se marca los grados de contaminación en una escala de colores que es la representación de una escala en (dB) como podemos observar en la referencia del Figura 06, resultando esta el resumen de la evaluación de contaminación acústica.

Se presentan puntos de mayor intensidad que coinciden además con el congestionamiento vehicular y áreas de servicio público, centros educativos, como también comercial. Resaltando los puntos como; A7 con 74.7dB, A5 con 75.6dB, C3 con 73.2dB, C6 con 75.3dB, C7 con 88.4 dB, D6 con 74.0dB, E5 con 77.6dB, E6 con 75.6dB, F2 con 73.1dB, F5 con 76.33dB, G8 con 75.3dB, en la que en todos estos puntos las máximas superan los 80dB. En el área de estudio también se demarcaron Ejes de contaminación de acústica, como vemos en la figura 6 se demarcan los siguientes; el Eje 3 (calle Soria Galvarro) 75.2dB, Eje 4 (calle 6 de octubre) 75.2dB, Eje 5 (calle Potosí) 76.2dB, Eje C (calle Simón Bolívar) 77.1dB, Eje E (calle Junín) 75.5dB y Eje F (calle Ayacucho) 78.3dB.

Otro dato a resaltar son los niveles obtenidos en las áreas verdes, como se señaló estos puntos AV1, AV2 y AV3, dependiendo de su superficie como también de la capacidad de la

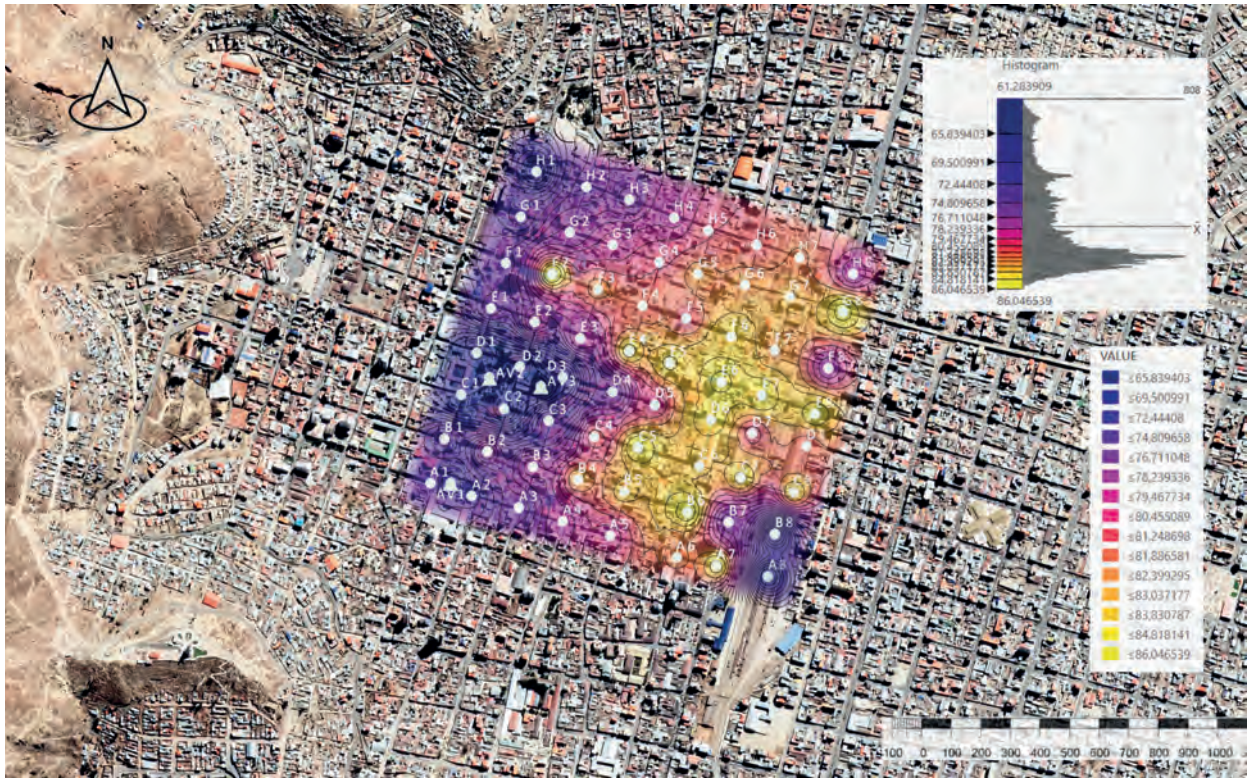


Figura 06

Mapa de ruido área de estudio

Fuente: Elaboración propia

cobertura vegetal, muestran como son capaces de disminuir los niveles de ruido en una proporción interesante. Si bien los máximos de la retención en la medición no tienen tanta diferencia si se puede apreciar una leve disminución en la misma, esto se debe a que los máximos producidos son generados por el congestionamiento vehicular pero específicamente el uso indiscriminado de bocinas y bocinas silbidos de los automotores, como también de parlantes comerciales.

## Discusión

Uno de los puntos claves de la discusión, teniendo en cuenta los resultados obtenidos en los PM dentro del área de estudio, es la interpretación de la reglamentación en contraste con la realidad y las variables que confluyen en el espacio urbano. Vemos como la normativa vigente (Tabla 1), presenta algunos sesgos en cuanto al establecimiento de límites y sus características exhibiendo al mismo tiempo un cierto grado contradicción en estos. La Reglamentación señala que los límites en el tráfico vehicular están en 79dB para movilidades de uso urbano, pero al mismo tiempo nos define un límite de 68 dB para la vía pública es decir en el espacio público. Así mismo define el límite de uso de parlantes a 75dB, pero al estar situados estos en vía pública donde converge el tráfico vehicular entre otros elementos que contribuyen a la contaminación acústica, no esclarece un límite claro para su regularización. Además, señala un límite de 55 dB para lugares que se localicen en las áreas cercanas a centros hospitalarios, guarderías, escuelas, asilos y otros lugares de descanso. Lo cual en el contexto del área estudiada es un punto de interés puesto que la centralidad urbana de la ciudad de Oruro hace que coincidan diferentes usos en limitado espacio,

que por la cercanía de estos y sus particularidades podríamos asumir límites muy bajos o bien muy altos que no estaría siendo adecuados o responsablemente asumidos.

Es necesario que las autoridades municipales marquen un límite a partir de referentes que puedan asumir de manera más coherente y completa la complejidad del problema y la realidad del ruido urbano. En este sentido podemos citar a la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE) que en 1986 sugirió se impidiera superar los 65 dB para evitar afectaciones psicológicas. En cambio, La Organización Mundial de la Salud (OMS) por su parte en 1989 propuso un límite fijo de 55 dB como nivel de ruido aceptable al aire libre, en sus ya famosas Directrices para el ruido urbano. Ambos sugiriendo límites máximos de ruido en un intento por remarcar la importancia de la temática en relación con la calidad de vida y el cuidado de la salud. (Berglund et al., 1999). Por ello es que los límites permisibles deben estar ligados a la actividad que se realiza en dicho espacio urbano teniendo en cuenta que estos límites recomendados y asumidos en la investigación, tienen una estrecha relación con numerosos efectos negativos en la salud, lo cual permitiría establecer lineamientos de intervención en materia de política pública, planificación urbana e intervención de la misma por parte de la Alcaldía Municipal de Oruro. Con la finalidad de promover una ciudad más saludable y por lo tanto más sustentable (tabla 2).

Con los resultados obtenidos en el trabajo de investigación se ha comprobado que existe una contaminación acústica en el área de estudio, obteniendo picos en determinados horarios y días de la semana, además identificar los puntos estratégicos de la emisión de la contaminación, y también delineando ejes propensos a esta problemática. Es importante señalar que la frecuencia con la que se emite valores que superan los 75dB es preocupante llegando a más de 25% en las mañanas y a medio día como en la noche 32% y la frecuencia con que los valores llega hasta los 70db representa el 40% de la muestra, es decir más del 50% el muestro estaría dentro del límite de un ambiente Molesto llegando al deterioro auditivo. Pero esta contaminación se produce por varios factores que convergen dentro del espacio público, donde la congestión vehicular tiene un papel fundamental en el que debemos tamizar ciertos aspectos. Si bien se hace un inadecuado uso de la bocina que puede alcanzar los 100dB, en muchos casos esto se desborda debido a vehículos de servicio público que no respetan paradas, el menosprecio a las normas de tránsito, y el propio estrés de la compleja situación etc. Por otra parte, uno de los ingredientes para el acrecentamiento es la incorporación de bocinas con silbido en el transporte público que supera los 105dB. Por contraparte se observa los escapes modificados con roncador también son otro factor que se suma a la ecuación, así también la aceleración es otro factor interesante. Haciendo necesario un mayor control o legislación que pueda regular estos aspectos y que se encargue de un control y monitoreo permanente al igual que establecer un departamento de denuncias del mismo (Alfie & Salinas 2017).

Esto debe ser un tema importante dentro de la salud pública, puesto que el resultado de la investigación está directamente relacionado con ella, que no es considerada con la importancia adecuada. Como lo mencionó OSMAN (2010) las afecciones por la contaminación acústica pueden tener efectos irreversibles a largo y mediano plazo derivando desde situaciones de estrés hasta pérdidas auditivas. Pero es también interesante como los efectos del ruido pueden afectar incluso el comportamiento social como lo señala Berglund et. al (1999), que por encima de los 80 dB se reduce la actitud cooperativa y que el ruido fuerte también aumenta el comportamiento agresivo en individuos predispuestos a la agresividad, además de que altos niveles de ruido crónico contribuyan a sentimientos de desamparo entre los escolares. Esto podrían declinar por su propia importancia en un tema de estudio social, pero que nos demuestran los efectos y repercusiones de esta problemática como en la concepción del espacio público urbano.

El estudio demuestra la importancia y la capacidad de las áreas verdes como reductoras de la contaminación acústica, reduciendo hasta en un 25% la contaminación acústica en el lugar. Pero esta

reducción depende al mismo tiempo de factores determinantes como; La superficie del área verde, la cantidad de vegetación, el tipo de especies vegetales, su proximidad y las características de las actividades que la rodean. Es por ello que los valores obtenidos y la repetición de frecuencias es variable pero que se mantienen dentro de un rango de 52dB hasta 65dB como media, aunque en la lectura de máximos se llegó a un 82dB. Estos datos son relevantes para la planificación urbana y ambiental en la ciudad y para futuras intervenciones no solo en el Distrito 1, si no ser replicables en todo el municipio teniendo en cuenta lo sugerido por Robles et. al (2019), para poder conseguir una mayor eficacia de las áreas verdes como barrera de control sonoro que al mismo tiempo pueda favorecer los beneficios ambientales de estos espacios verdes. Es necesario determinar un espacio suficiente o generar espacios que permitan la incorporación del diseño de la infraestructura verde, pero al mismo tiempo se debe revisar las condiciones de diseño verde en términos de altura, espesor, cobertura, densidad y características de las especies a incorporar, para potenciar estos benéficos a lo largo del año.

Para finalizar, estos estudios realizados y la comprobación de los resultados deberían ser ampliados, monitoreados y evaluados de manera constante, además de ser dirigidos hacia la mejora de la planificación urbana, para ellos será importante generar mapas de ruido similares al propuesto por el estudio. La misma que debe retomar la salud, la naturaleza y el espacio como factores determinantes a la hora del que hacer en la gestión municipal y en la legislación pública del mismo. En la que los estudios acústicos puedan ser una herramienta más para modelar nuestra ciudad hacia el futuro.

## Conclusiones

Será necesario que las autoridades estatales y las municipales actualicen las regulaciones, normativas o implementen decretos o leyes municipales a partir de nuevos límites permisibles más acordes para combatir la contaminación acústica ambiental dirigida al urbanismo. Por lo que será importante apoyar estas iniciativas con estudios acústicos urbanos como también en investigaciones sobre la salud y el ruido, esto para respaldar el cumplimiento de la legislación sobre contaminación acústica y observar la eficacia de las medidas con una constante evaluación y control continuo en el Municipio de Oruro.

Este problema de contaminación acústica muestra un el 25% de zonas con que llegan a valores que sobrepasan el límite de la normativa (mayor a 75dB), y un 32% que se encuentra dentro de un ambiente molesto (70dB) en la que una exposición prolongada deriva en riesgo para la salud. Conformando que la contaminación acústica dentro del área de estudio es un problema real, reflejo de una centralidad urbana que ocasiona congestionamiento vehicular y un caótico encuentro de otras actividades. Esta contaminación ligada al tránsito vehicular, al uso desmedido y desproporcionado de la bocina, al uso de bocinas silbido con mayor alcance, a la modificación de escapes con roncadores y al ineficiente control o regulación de límites de velocidad, parqueos o paldas de transporte público. Esto ligado a la carente legislación y/o control de límites por parte de las autoridades Competentes en la ciudad de Oruro.

Pero también se identificaron otras fuentes de ruido donde confluyen factores como los aforos de actividades, otras fuentes fijas de emisión de sonido en el espacio público como parlantes, boceo de productos, la actividad comercial y la actividad ocio, etc. Por lo que es necesario establecer monitoreo constantes, además de regulaciones de estos límites permisibles por parte de las autoridades enmarcadas en políticas públicas de planificación y urbanismo sostenible.

Para reducir los niveles de contaminación acústica será necesario implantar medidas como; restricción de circulación de vehículos del sector público y/o privado, realizar el mantenimiento del vehículo y el control de aditamentos que generen más contaminación (bocinas silbido, roncadores u otros),

establecer un control de vigilancia y monitoreo en puntos estratégicos de la ciudad, gestionar puntos de reclamo o de denuncia ante esta situación.

Pero, como también ha demostrado la investigación realizada, será necesario aumentar y mejorar la infraestructura verde, que es capaz de reducir la contaminación acústica dependiendo de la biomasa y de la superficie de la misma hasta un 25%. Esto en busca de proyectar un modelo de "ciudad sustentable", que tiene en cuenta una movilidad urbana sostenible. Como señala Alfie & Salinas (2017) la aplicación de propuestas de un modelo de "ciudad caminable", con la implementación de corredores peatonales, el potenciar el uso de la bicicleta, la diversificación de usos de suelo y actividades, la reducción de rutas de movilidad y el aprovechamiento de áreas verdes y espacios públicos, podría ser un mecanismo para disminuir la contaminación auditiva y visual de la ciudad. Estableciendo políticas públicas coordinadas con ministerios y la planificación urbana para generar planes e intervenciones urbanas alternativos que puedan combatir el creciente nivel de contaminación acústica en la ciudad de Oruro.

Complementariamente es necesario socializar la información a todos los actores que convergen en esta problemática, en especial a las personas afectadas por el ruido ambiental, como también a los que elaboran políticas públicas y toman decisiones en el tratamiento del espacio urbano y su gestión ambiental, sobre los peligros de la contaminación acústica. Adicionalmente, será necesario concientizar y educar a los estudiantes con campañas de educación en una etapa temprana sobre las consecuencias del ruido en las personas, cómo se puede combatir el ruido ambiental, la función de la persona en la contribución a la contaminación acústica.

## Referencias



Alfie Cohen, M. Salinas Castillo, O. (2017). *Ruido en la ciudad. Contaminación auditiva y ciudad caminable*. Estudios demográficos y urbanos, 32(1), 65-96. Recuperado en 14 de mayo de 2022, de [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0186-72102017000100065&lng=es&tlng=es](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0186-72102017000100065&lng=es&tlng=es).

Berglund, B., Lindvall, T. & Schwela, D. (1999) *Guías para el ruido urbano*. OMS Disponible en <https://es.scribd.com/document/92156648/Guia-Oms-Ruido-1>

Cyril, H. (1995) *Manual de Medidas Acústicas y Control del Ruido*. Madrid: Interamericana de España, S.A.

De Gortari Ludlow, J. (2013) *Guía sonora para una ciudad*. México, Juan Pablos / Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Cuajimalpa.

García, B., Garrido, F. (2003) *La contaminación acústica en nuestras ciudades*. Barcelona: Fundación La Caixa.

GAMO (2013) *Plan de desarrollo Municipal de Oruro*. PDM 2013-2018

Medrano H., Antezana J. (2006) *Mapa de ruido de los distritos 10, 11 y 12 de la ciudad de Cochabamba*. ACTA NOVA ; vol. 3, N° 3.

MMaYA (1992) *Ley No. 1333 o Ley del Medio Ambiente de 27 abril de 1992 y Reglamentación a la ley del Medio Ambiente, 8 de diciembre de 1995*, D.S. 24176, La Paz, Bolivia.

OSMAN (2010) *Ruido y salud*. Guías profesionales. Andalucía, Observatorio de Salud y Medio Ambiente de Andalucía.

Robles, M., Martínez, C., & Boschi, C. (2019). *Los espacios verdes como estrategia de mitigación de la contaminación sonora, evaluación y análisis del parque O'Higgins de la ciudad de Mendoza-Argentina*. Revista internacional de contaminación ambiental, 35(4), 889-904. Epub 22 de diciembre de 2020. <https://doi.org/10.20937/rica.2019.35.04.09>

WHO (2018) *ENVIRONMENTAL NOISE GUIDELINES for the European Region*, ISBN 978 92 890 5356 3 disponible [https://www.euro.who.int/\\_\\_data/assets/pdf\\_file/0008/383921/noise-guidelines-eng.pdf](https://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0008/383921/noise-guidelines-eng.pdf)