



Universidad César Vallejo

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

Influencia de la cobertura arbórea urbana sobre el nivel de ruido producido por el tránsito vehicular de la Avenida Ejército de la Ciudad de Arequipa

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
Ingeniera Ambiental

AUTORA:

Yauli Suni, Kelly Yesenia (orcid.org/0000-0002-8986-2656)

ASESOR:

M.Sc. Solórzano Acosta, Richard Andi (orcid.org/0000-0003-3248-046X)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Sistemas de Gestión Ambiental

LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:

Desarrollo Sostenible y Adaptación al Cambio Climático

LIMA — PERÚ

2022

Dedicatoria

A Dios, al Divino Niño Jesús, y a María virgen por haberme permitido llegar hasta este punto y brindarme salud y fortaleza para lograr este objetivo, además de su infinita bondad y amor.

A mis padres, Juana Suni Chili e Hilario Yauli Chilo, por haberme dado la vida, quererme mucho, creer en mí y porque siempre me apoyaron en todas mis decisiones. Queridos padres, gracias por su apoyo incondicional, todo esto se lo debo a ustedes. A mí querida hermana, Nidia Danisa Yauli Suni, por su cariño, apoyo y comprensión, a mi adorada sobrinita Dana Gaela Conza Yauli, por sus sonrisas que me animan día a día a seguir esforzándome. A mi querido amigo Pedro Nuñez Sanchez por su amistad y apoyo fraternal.

Agradecimiento

A Dios por ser mi fortaleza a lo largo de esta vida siempre llenándome de fortaleza, perseverancia, alegría y gozo.

A mi Alma Mater Universidad Alas Peruanas, por haber nos acogido en su seno durante mis años de estudio y formación profesional, a la Universidad César Vallejo por acogerme y permitirme completar este importante objetivo y en especial a mi asesor de tesis y los catedráticos por guiarme, compartir sus conocimientos y orientarme desinteresadamente, en el logro de mis aspiraciones.

Gracias a todas las personas que sin esperar nada a cambio compartieron pláticas, conocimientos, alegrías en el recorrido de este trabajo. A todos los que me acompañaron en este sueño para convertirlo en realidad.

Índice de contenidos

Carátula	i
Dedicatoria	ii
Agradecimiento	iii
Índice de contenidos	iv
Índice de tablas	v
Índice de figuras	vi
Resumen	vii
Abstract	viii
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO	3
II. METODOLOGÍA	9
3.1. Tipo y diseño de investigación	9
3.2. Variables y operacionalización	10
3.3. Población, muestra y muestreo	11
3.3.1. Población	11
3.3.2. Muestra	11
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	11
3.5. Procedimientos	11
3.5.5. Ruido producido por el tránsito vehicular	11
3.5.6. Ubicación de las especies arbóreas	11
3.5.7. Medición del ruido diurno y nocturno	13
3.5.8. Dendrología las especies	13
3.6. Método de análisis de datos	13
3.7. Aspectos éticos	14
IV. RESULTADOS	14
V. DISCUSIÓN	23
VI. CONCLUSIONES	26
VII. RECOMENDACIONES	27
REFERENCIAS	28
ANEXOS	32

Índice de tablas

Tabla 1. *Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Ruido*

Tabla 2. *Operalización de variables.*

Tabla 3. *Características dendrológicas de cobertura arbórea por zona evaluada.*

Tabla 4. *Cobertura arbórea*

Tabla 5. *Ruido en las zonas de la Avenida Ejército de la ciudad de Arequipa*

Tabla 6. *Análisis de varianza (ANOVA) para el ruido por zonas evaluadas*

.

Índice de figuras

Figura 1. *Zonas selectas Avenida Ejército.*

Figura 2. *Esquema de puntos y parcelas de medición.*

Figura 3. *Fraxinus pennsylvanica.*

Figura 4. *Representación de la medición de cobertura arbórea directa.*

Figura 5. *Distribución de cobertura arbórea en las 4 zonas de estudio.*

Figura 6. *Regresión lineal de Pearson entre las variables Cobertura arbórea y Ruido.*

Resumen

Arequipa es una ciudad que no está ajena a la contaminación sonora, por lo que es uno de los problemas ambientales de importancia para la salud pública. Una de las formas mediante el cual se puede lograr mitigar este contaminante es el uso de barreras acústicas, se ha demostrado que la cobertura arbórea sirve para reducir el ruido, por este motivo se tuvo como finalidad determinar la influencia de la cobertura arbórea urbana en el nivel de ruido producido por el tránsito vehicular de la avenida Ejército de la ciudad de Arequipa. Mediante un estudio relacional y cuantitativo se monitoreo el ruido diurno y nocturno, se dividió el área de estudio en 4 zonas, en cada zona se ubicó 6 puntos de monitoreo, y se midió el ruido por 6 días. Para el estudio del arbolado se aplicó el análisis dendrológico. Para establecer la relación entre cobertura arbórea urbana y ruido se aplicó el test de Pearson al 95% de confiabilidad, en el que se encontró que existe relación entre las variables, esto es, en la medida que la cobertura arbórea urbana decrece aumenta el nivel de ruido. Se concluye que la cobertura arbórea urbana está relacionada con la disminución del ruido ocasionado por el tránsito vehicular, por lo que se recomienda arborizar las áreas urbanas.

Palabras clave: ruido, contaminación, monitoreo, cobertura arbórea y dendrología.

Abstract

Arequipa is a city that is no stranger to noise pollution, which is why it is one of the environmental problems of importance to public health. One of the ways by which this pollutant can be mitigated is the use of acoustic barriers, it has been shown that tree cover serves to reduce noise, for this reason the purpose was to determine the influence of urban tree cover on the environment. noise level produced by vehicular traffic on Army Avenue in the city of Arequipa. Through a relational and quantitative study, day and night noise was monitored, the study area was divided into 4 zones, 6 monitoring points were located in each zone, and noise was measured for 6 days. For the study of the trees, the dendrological analysis was applied. To establish the relationship between urban tree cover and noise, the Pearson test was applied at 95% reliability, in which it was found that there is a relationship between the variables, that is, to the extent that urban tree cover decreases, the level of noise increases. noise. It is concluded that urban tree cover is related to the reduction of noise caused by vehicular traffic, which is why it is recommended to plant trees in urban areas.

Keywords: noise, pollution, monitoring, meter, tree cover and dendrology.

I. INTRODUCCIÓN

El ruido es una situación problemática general que afecta a los seres vivos (Díaz, 2018), por lo tanto, es uno de los problemas ambientales de mayor importancia para la salud pública. A pesar de las pruebas que surgen de diversos estudios, no se ha demostrado gran interés por los daños, llegando a ser ignorados (Foraster, 2017)

El ruido tiene diversos orígenes, siendo una de ellas el tránsito vehicular (Cohen y Salinas, 2017), esta fuente es difícil de mitigar ya que al contrario crece al ritmo que aumenta la población mundial (Alfie y Salinas, 2017). En las grandes urbes, la polución ambiental a causa del ruido es cada vez más importante, siendo necesario identificar y conocer las fuentes sonoras y sus características físicas para poder minimizar el rango de ruido generado estas. Esta contaminación acústica provoca importantes problemas sociales, económicos y psicológicos (Johansen, 2021).

En cuanto a la realidad nacional, es necesario mantener los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) y Límites Máximos Permisibles (LMP), una de las formas que se ha aplicado en diferentes ciudades y disminuye el ruido en lugares con gran cantidad de tráfico vehicular, es la colocación de barreras acústicas, estas pueden ser dispositivos inertes como paredes sónicas, pantallas reflectantes, o barreras naturales, siendo una de ellas la vegetación urbana ubicada en distintos puntos de calles y avenidas (Corral, 2016). Así, la vegetación urbana o cobertura arbórea urbana actuaría como mitigador de la contaminación sonora o “barrera antirruído natural” que contribuye a disminuir esta forma de contaminación y de igual manera brinda distintos beneficios ambientales adicionales (Van y Botteldooren, 2016).

Siendo Arequipa una ciudad de gran crecimiento demográfico, no está ajena a la contaminación sonora, esto se debe al incremento de actividades productivas, según el último censo del 2017 de vivienda y población, en Arequipa se tenía unas 1 382 730 habitantes, esto conlleva al aumento del tránsito vehicular en la ciudad y del ruido que este produce (INEI, 2017). En esta ciudad una de las avenidas principales es la Avenida Ejército en la comuna de Cayma, la cual se caracteriza

por un alto tráfico vehicular, por lo que no solo se debe monitorear, sino reducir el ruido, tal es el caso de la cobertura arbórea en las zonas urbanas, aunque no es una estrategia muy conocida, ha demostrado que sirve para reducir el ruido debido a sus propiedades, por este motivo, este estudio ha tenido como fin, recopilar datos para evaluar si el arbolado urbano tiene un efecto en la reducción del ruido debido al tráfico vehicular.

Por todo lo expuesto, se plantea como problema de investigación ¿En qué medida influye la cobertura arbórea urbana en el nivel de ruido producido por el tránsito vehicular de la Avenida Ejército de la ciudad de Arequipa?. Bajo la hipótesis que, el arbolado urbano mitigaría el ruido en la Avenida Ejército de la ciudad de Arequipa.

Por lo tanto, el objetivo del estudio es determinar la influencia de la cobertura arbórea urbana en el nivel de ruido producido por el tránsito vehicular de la avenida Ejército de la ciudad de Arequipa, teniendo en cuenta los siguientes objetivos específicos:

- Caracterizar dendrológicamente la cobertura arbórea en la Avenida Ejército de la Ciudad de Arequipa.
- Cuantificar la cobertura arbórea en la Avenida Ejército de la Ciudad de Arequipa.
- Cuantificar el nivel de ruido producido por el tránsito vehicular de la avenida Ejército de la ciudad de Arequipa
- Cuantificar la relación entre la cobertura arbórea urbana y el nivel de ruido producido por el tránsito vehicular de la avenida Ejército de la ciudad de Arequipa

En la presente investigación se hará una evaluación de la cobertura arbórea urbana y su relación con el ruido producido por el tránsito vehicular, lo cual permitirá un mejor conocimiento y alcance del problema, con datos técnicos imparciales nos lleven a conclusiones más idóneas.

II. MARCO TEÓRICO

Para poder cumplir con el planteamiento de estos objetivos, es importante tener conocimiento de conceptos básicos que se relacionen con las variables del problema de investigación. Técnicamente, el sonido es un elemento ambiental muy importante del paisaje urbano, actúa como mediador entre el territorio y la sensación, por lo que se analizan con el fin de intervenir en el espacio urbano se debe estudiar el fenómeno del sonido en sus múltiples dimensiones (Llorca, 2017). Por otro lado, el ruido es un sonido desagradable, no necesariamente en niveles elevados, y en algunos casos es dañino para la salud (Pereyra, 2019).

Los armónicos tanto del sonido como del ruido son la principal diferencia. Los armónicos son ondas que se suman a la fundamental y dan tono al sonido. En un audio, los armónicos siguen un buen patrón, a menudo con una distribución de magnitud más pequeña que la fundamental. De manera inversa, el ruido es un sonido molesto, su distribución armónica es caótica y desordenada, siendo difícil poder hacer una distinción entre la fundamental del resto de frecuencias (Gomez, 2019).

Una de las mayores causas que generan una contaminación por ruido, viene a ser el crecimiento desmedido del parque automotor, ya que ha crecido abruptamente y no ha tomado en cuenta que las ciudades no están preparadas para tal crecimiento (Díaz, 2021). En general, en las vías urbanas, los momentos de mayor tráfico varían durante el día (7 am y 6 pm) (Gomez, 2019).

Refiriéndonos al ruido en el Perú, aún no hay una norma para el ruido vehicular, pero sí hay una Norma de Calidad Ambiental (ECA) en donde se establece un máximo nivel de ruido.

Tabla 1*Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Ruido*

Zona De Aplicación	HORARIO DIURNO (L_{AeqT})	HORARIO NOCTURNO (L_{AeqT})
Protección especial	50	40
Residencial	60	50
Comercial	70	60
Industrial	80	70

Nota. Descripción de zonas y horarios. MINAM, ECA Ruido (2013)

El sonómetro es el instrumento que se utilizará para medir y evaluar el nivel de ruido. Los sonómetros siempre van asociados al tipo o clase de sonómetros (Sánchez, 2007).

Según Amable (2017), el ruido vehicular causa problemas de salud como: discapacidad auditiva, interferencia de comunicación, dificultad para dormir, efectos sobre el sistema cardiovascular y fisiológico, salud mental, efecto sobre el rendimiento y afecta áreas adyacentes.

Debido a ello las barreras acústicas colocadas entre el receptor y la fuente son tan importantes ya que su función es reducir la participación de este contaminante (Rybakowskia et al., 2014). Su funcionamiento es sencillo: la barrera acústica crea una zona donde no se percibe la fuente, muchas veces esta zona se denomina sombra acústica (Johansen, 2021). Con este procedimiento se suele obtener una atenuación de 1 a 10 dB (Velasco et al., 2018).

El ruido de los automóviles no solo se presenta por el ruido cuando el vehículo está

en movimiento, sino que también hay que tomar en cuenta otras fuentes de sonido clasificadas según diferentes criterios y propósitos (Johansen, 2021).

Por todo lo que se menciona con respecto al ruido, especialmente al ruido vehicular, y las barreras que se utilizan para reducir su impacto, hay que destacar la efectividad del arbolado urbano (Johansen, 2021).

Los árboles urbanos corresponden a todas las especies que presentan las características propias de los árboles, arbustos, palmeras y helechos, ubicadas en los espacios públicos urbanos (Odum y Sarmiento, 2018). Su objetivo es mejorar los servicios ecosistémicos que brindan los árboles en la ciudad (Arias, 2015). Cabe aclarar que los árboles urbanos se denominan árboles urbanos y no árboles ornamentales porque sus funciones son diversas y van más allá de meros agentes estéticos (Ponce, 2019) Los árboles urbanos cumplen muchos propósitos: estéticas, ambientales, ecológicas, históricas, simbólicas, sociales, culturales y recreativas (Rivas, 2012).

Conocer la estructura de los árboles significa analizar la distribución, la taxonomía de las especies, el crecimiento de las plantas y su relación con los ambientes urbanos nos permitirá entender el uso de los árboles en su ubicación en la ciudad (Vallejo, 2016). Para ello, es también necesario determinar la composición de especies, la densidad de árboles, los estratos existentes e incluso estimar el potencial de crecimiento en la localidad donde crecen (Nogueria, 2017). Las cualidades estructurales son un requisito básico para decidir sobre el manejo de los árboles en un entorno urbano, teniendo en cuenta aspectos como composición, densidad y condición física (Corral, 2016).

Como parámetros para determinar la estructura de la vegetación urbana, la densidad de la superficie cubierta corresponde a la medida del área arbórea, y con mayor precisión a la cantidad de sombra que produce (Arias, 2015). Su valor podrá expresarse en unidades de superficie o en cobertura superficial que, en el caso de los árboles, podrá clasificarse por especies correspondientes a especies leñosas o no leñosas; según la forma del follaje, que puede ser denso o ralo, según el radio

de sombra que representa y el último factor correspondiente al número de especies arbóreas, que es la cantidad total de especies de las que se hace un inventario (Corral, 2016). En cuanto a la forma del tronco, el árbol puede ser uniaxial y omnidireccional. En cuanto a la forma de la copa, puede tener una punta redondeada, piramidal, ramificada horizontalmente y asimétrica (Jauregi, 2016).

Diferentes niveles de ruido pueden ser mitigados por infraestructura verde, como árboles, ya que se consideran una muy buena barrera y se pueden utilizar para controlarla, así, uno de los servicios ecosistémicos que reconoce a la cobertura arbórea urbana está relacionado con la reducción del ruido. (Cohen et al., 2017). El papel ecológico de la infraestructura verde urbana es más claro que nunca, debido a su contribución al ecosistema que une a la sociedad humana con su entorno (Nogueiram, 2017).

En la legislación peruana hay disposiciones para el control de la contaminación acústica, estableciendo obligaciones sobre las máquinas que generan ruido y vibraciones, sin embargo, una normativa nacional sobre el ruido del vehículo aún no es específica.

En cuanto al marco legal debemos considerar las siguientes normas:

- Ley N°28611. Ley General del ambiente que en sus títulos I y III, consideran el ruido como contaminante.
- Ley N° 2682. Ley General de Salud, como factor de riesgo al ruido.
- Ley N° 27972. Ley Orgánica de Municipalidades, se encarga del control de la contaminación del ambiente y la atmósfera.
- Decreto Supremo N° 085-2003-PCM. Las municipalidades realizarán planes de acción para la prevención y manipulación de la contaminación sonora.

Con el objetivo de tratar el tema de la presente investigación y contextualizarla a la realidad local se revisaron artículos científicos como antecedentes de investigación:

Klingberg et al., (2017), realiza el estudio de los niveles de contaminación del aire (NO₂, PAH, O₃), antes (BLE) y después (ALE) de la emergencia de las hojas, en el paisaje urbano de Gotemburgo en Suecia. Los objetivos fueron estudiar: la

variación del espacio y el tiempo en los niveles de contaminación entre áreas verdes urbanas, el efecto de la vegetación urbana en los niveles de contaminación del aire a la misma distancia de una fuente de emisión importante (ruta de tráfico). En un sitio con vegetación, los niveles de partículas de PAH y NO₂ eran más bajos que en un sitio sin vegetación a cierta distancia de una ruta de tráfico muy transitada (Klingberg et al., 2017).

Van y Botteldooren, (2016)., estudiaron el efecto de la vegetación exterior, vista desde la ventana de una sala de visitas que da a una carretera de circunvalación del centro de la ciudad, sobre la molestia del ruido. Realizaron encuestas cara a cara a 105 participantes en sus domicilios en la ciudad de Gante (Bélgica). Todas las casas fueron seleccionadas para tener una pronunciada diferencia de nivel entre la parte delantera y trasera para descartar este efecto. Demostraron que la medida en que la vegetación es visible desde la ventana de la sala de estar es un predictor fuerte y estadísticamente significativo de la molestia del ruido. Se demostró que la visión real sobre la vegetación exterior es esencial: las plantas del interior de la sala y la mera presencia de vegetación en el vecindario son insuficientes. El aislamiento de la fachada al ruido del tráfico rodado, medido *in situ* en cada vivienda, no pudo vincularse con la molestia del ruido.

Magrini et al., (2015), en Noise Reduction Interventions in the Urban Environment as a form of Control of Indoor Noise Levels, Energy Procedia, abordaron que el ruido del tráfico es un problema importante en todas las grandes ciudades y la conducción del sonido en el contexto urbano se ve reforzada por los múltiples reflejos en las caras exteriores de los edificios. Las características acústicas de la superficie (por ejemplo, referidas a carreteras, áreas de tránsito peatonal, fachadas de edificios, superficies de edificios en general) afectan la propagación del ruido en el entorno urbano. Mediante un mejor diseño y gestión exterior (zonas verdes, asfalto poroso, control de velocidad), o actuaciones de rehabilitación de edificios (yesos acústicos, sombreadores absorbentes), el aumento de la absorción superficial podría ser efectiva para disminuir la contaminación acústica ambiental y, por tanto, reducir los niveles sonoros en las proximidades de las fachadas de los edificios en toda su longitud. La disminución del ruido en el exterior de los edificios

determinaría unos menores niveles de ruido interior y por tanto una mejor situación, sin actuaciones directas sobre las paredes del edificio.

Nowak et.al. (2011), indicaron que la vegetación urbana tiene una relación de directa e indirecta en el microclima local y regional, por la alteración de las condiciones atmosféricas y ambientales, mejorando la calidad del ambiente, correlación de confort y existencia de áreas verdes, que aumenta a medida que el área boscosa o área verde es mayor.

Delgadillo, G. (2018), realizó un estudio para evaluar la reducción de ruido a través de las barreras vegetales *Jacobaea maritima* y *Aptenia cordifolia* y así brindar una propuesta ecológica para la reducción de ruido, la investigación pertenece a la categoría cuantitativa con nivel explicativo y equipo experimental, utilizando cuatro métodos: el primero sin cobertura vegetal, el segundo método con cobertura de la especie *Jacobaea maritima*, el tercero con la cobertura de ambas especies *Jacobaea maritima* y *Aptenia cordifolia*, y el cuarto con la cobertura de la especie *Aptenia cordifolia*. Los resultados obtenidos en la medición del ruido son: atenuación sonora de 6,07 dBA para barrera sin cobertura vegetal, atenuación sonora de 8,69 dBA en barrera *Jacobaea maritima*, atenuación sonora de 11,85 dBA en barrera envuelta de dos especies, atenuación sonora de 13,56 dBA con *Aptenia cordifolia* recubrimiento, y concluyeron que al evaluar la reducción de ruido de las barreras en plantas, el método para obtener el mayor nivel de atenuación sonora fue el tratamiento barrera con *Aptenia cordifolia* (13,56 dBA). debido a que los árboles de esta especie han logrado desarrollar una mayor área foliar, reduciendo así el ruido a través de fenómenos de propagación del sonido como absorción, difracción y refracción.

Samara et.al. (2007), estudiaron la atenuación del ruido del tráfico por la vegetación en toda la carretera de circunvalación de Tesalónica, Grecia, resultados que indican que se consigue una reducción de 6 dB con *Pinus brutia* Ten., situado a 60 metros de esta.

Pudjowati et al. (2013), utilizaron varios sonómetros ubicados en diferentes puntos de la carretera Waru-Sidoarjo al este de Java, Indonesia, uno con vegetación arbórea, uno sin ella, pero con vegetación a ras de suelo y un control sin ella; el resultado muestra que la reducción del ruido ocurre para ciertas distancias según la especie específica.

Cataño et al. (2005), midieron los niveles de ruido a 10 metros de una carretera de alto tránsito vehicular en áreas públicas urbanas con diferente cobertura vegetal en el Valle de Aburrá, Colombia. Los resultados que obtuvieron no muestran diferencias significativas entre sitios con y sin vegetación; sin embargo, las áreas muestreadas tienen algunos arbustos escasos, lo que sugiere el establecimiento de barreras vivas más anchas, más largas, más altas y densas.

II. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño de investigación

- Cuantitativa

La investigación cuantitativa se basa en el análisis e investigación de hechos a través de varios procesos de medición (Ortega, 2018).

· Descriptiva

El presente estudio es una investigación descriptiva en la que se medirán y configurarán características y se observarán los procesos que forman los fenómenos sin evaluarlos (Ortega, 2018).

- Relacional

La investigación es relacional ya que se debe tener conocimiento profundo de las características de las variables, la variable independiente que es el arbolado urbano y la variable dependiente que es el ruido generado por el tránsito vehicular (Ortega, 2018).

3.2. Variables y operacionalización

- Cobertura arbórea urbana
- Ruido

Tabla 2

Operalización de variables.

VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	VALOR DE LA ESCALA	INSTRUMENTO
Cobertura arbórea urbana	Cobertura arbórea	Cantidad de superficie cubierta por la especie vegetal	Metros cuadrados	Cinta métrica
		Altura del árbol	Metros	Cinta métrica
	Dendrología	Diámetro del árbol (DAP)	Metros	Cinta métrica
		Especie del árbol	Tipo de especie forestal	Manual de clasificación de especies forestales CITES.
Ruido	Nivel de ruido	Nivel de ruido diurno (dB A)	Decibeles	Sonómetro CEM DT – 8852 IEC 61672 – 1 CLASS 2 S/N: 181224454
		Nivel de ruido nocturno (dB A)	Decibeles	

3.3. Población, muestra y muestreo

3.3.1. Población

La población es la avenida El Ejército del distrito de Cayma, provincia de Arequipa.

3.3.2. Muestra

Cuatro de zonas (Zona 1, 2, 3 y 4) de la avenida El Ejército del distrito de Cayma, provincia de Arequipa.

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

La selección de zonas y puntos de medición se realizó mediante un muestreo no probabilístico, dirigido e intencional.

3.5. Procedimientos

3.5.5. Ruido producido por el tránsito vehicular

El estudio se realizó en la ciudad de Arequipa, Perú, con una población de 1.382.730 (INEI, 2017), distribuida en un área de 3.057 km², la ciudad se ubica en la costa alta a una altitud de 2.328 metros. sobre el nivel del mar. El lugar de estudio fue en la Avenida Ejército. Esta avenida se ubica en el centro de la ciudad y es la principal arteria de tránsito que comunica los conos sur y norte, con una extensión de 10 cuadras es una avenida de dos carriles, utilizada por automovilistas y vehículos de emergencia.

La selección de zonas y puntos de medición se realizará mediante un muestreo no probabilístico, dirigido e intencional. Comprenderá una selección de unidades poblacionales a través del juicio personal. Se considerará el ruido generado por el tránsito vehicular, descartando otras fuentes de ruido, que coexisten, pero generalmente son enmascaradas por el tránsito.

3.5.6. Ubicación de las especies arbóreas

Se seleccionaron cuatro zonas (1, 2, 3 y 4) (Figura 1), con similar flujo vehicular y presencia de cobertura arbórea urbana, involucrando 8 bloques.

Cada zona de medición estuvo separada en dos bloques, para una mejor representatividad, en cada zona se ubicaron 6 puntos de medición considerando equidistancia entre punto y punto de medición (Figura 2), respecto a la fuente de emisión de ruido, a la zona arbustiva y hacia la acera de paso peatonal.

Figura 1

Zonas selectas Avenida Ejército.

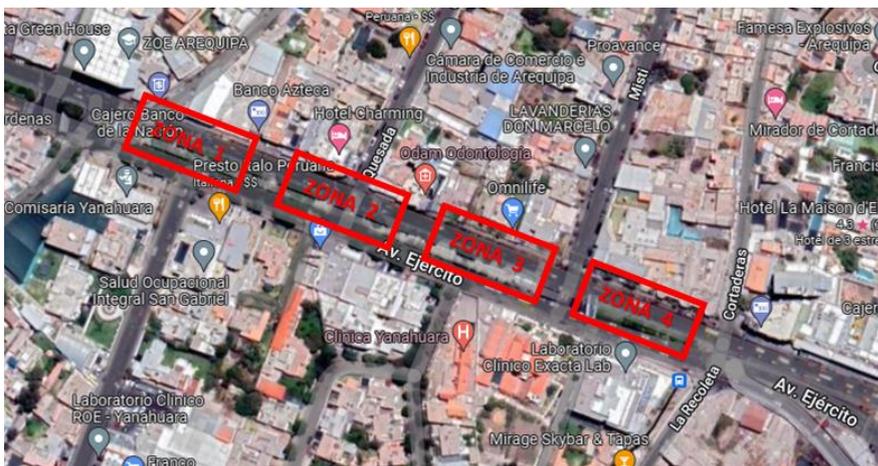
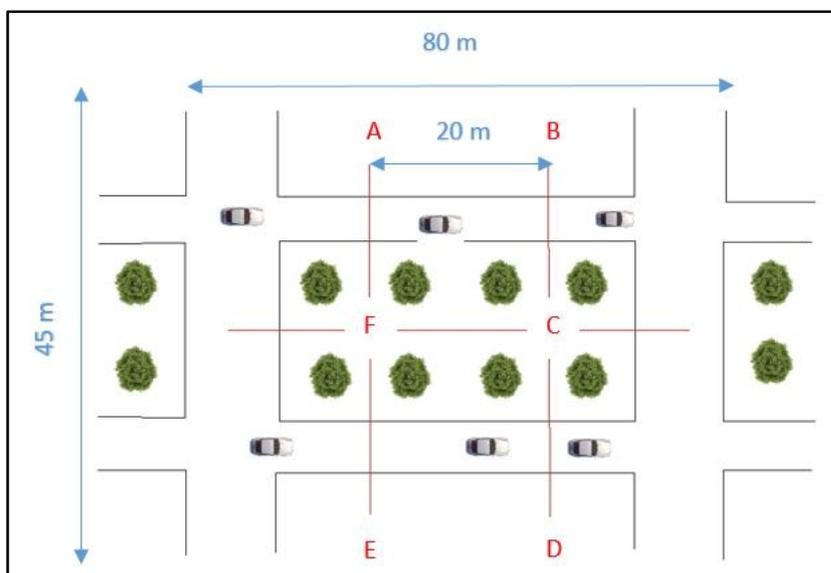


Figura 2

Esquema de puntos y parcelas de medición.



3.5.7. Medición del ruido diurno y nocturno

El ruido máximo y mínimo, en decibeles (dBA), se midió durante seis días del 3 de junio al 8 de junio de 2022, un par de veces al día, en la mañana (7:30 - 9:30) y en la tarde (18:30 - 20:30); el período elegido representa un período normal de actividades en el primer semestre del año. Se realizaron cinco mediciones con una duración de 60 segundos cada una en cada punto. Esto amplía el esquema propuesto por Fang y Ling (2003).

El ruido se midió utilizando un Sonómetro calibrado CEM DT – 8852 IEC 61672 – 1 CLASS 2 S/N: 181224454, con una escala de medición automática entre 30 dB y 130 dB. Una ponderación de frecuencia similar a la respuesta del oído humano que se utiliza en las pruebas reglamentarias y el diseño del lugar de trabajo por parte de (OSHA). La posición del medidor se ubicó a 1,5 m del suelo (Pudjowati, 2013).

3.5.8. Dendrología las especies

Se realizó un levantamiento dendrológico en cada punto de medición utilizando una parcela circular de 8 m de radio sin superposición entre ellas. Cada individuo se individualizó y se midió los diámetros a la altura del pecho (DAP, cm), altura (m) y área de cobertura de proyección del árbol (m²).

3.6. Método de análisis de datos

Para el análisis del ruido máximo y mínimo se utilizó los valores promedio, considerando que este estadístico ayuda a reducir los valores extremos, planteándose las siguientes hipótesis:

H0: $\Omega_i = \Omega_j / i \neq j$ (no hay diferencias estadísticas entre los promedios de ruidos entre zonas).

H1: $\Omega_i \neq \Omega_j / i \neq j$ (hay diferencias estadísticas entre los promedios de ruidos entre zonas).

Se realizó un análisis de varianza (ANOVA) al 95% de confianza para comparar el ruido y cobertura arbórea por cada zona (4) con la finalidad de reportar diferencias

estadísticamente significativas entre ellas. Para determinar la relación entre el ruido y la cobertura arbórea se empleó la prueba de Pearson al 95% de confiabilidad. Para ambos casos se empleó el software estadístico SPSS versión 26.

3.7. Aspectos éticos

En el siguiente proyecto de investigación y todo el proceso de su elaboración, tiene como fundamentos éticos la Honestidad y la Veracidad, de esta forma toda la información empleada es verdadera y confiable, tal como lo estipula la Resolución del consejo universitario N° 0262-2020/UCV con promulgación, el 28 de agosto del 2020; y para efectos de derechos de autor se seguirá las recomendaciones del manual de referencias ISO 690 y 690-2.

IV. RESULTADOS

4.1. Características dendrológicas de la cobertura arbórea en la avenida Ejército de la ciudad de Arequipa

El análisis dendrológico identificó 5 especies de 73 individuos de árboles contabilizados en las 4 zonas de estudio (Tabla 3), además se aprecia que la distribución de especies no es homogénea ya que en algunas zonas sólo se encuentran una o dos especies de árboles, como en las zonas 1 y 2, y en otras zonas como son las zonas 3 y 4 se observa mayor cantidad de especies. Por otro lado se muestra el diámetro obtenido de las diferentes especies, variando los diámetros entre 0.18 y 0.53 m, además se debe tener en cuenta que en la zona 4 la especie con mayor diámetro tiene menos ejemplares siendo 4 especies de *Fraxinus pennsylvanica*. La especie más frecuente y representativa de las 4 zonas de estudio fue *Fraxinus pennsylvanica* por la cantidad de especies identificadas que fue de 51 individuos en total y por su presencia en las cuatro zonas siendo 12 en la zona 1, 16 en la zona 2, 19 en la zona 3 y 4 en la zona 4, además que los diámetros de esta especie varían entre 0.45 y 0.53 (Tabla 3). Teniendo en cuenta dichos datos dendrológicos se puede suponer que las zonas en donde abunda la especie *Fraxinus pennsylvanica* presente mayor cobertura arbórea (Figura 3).

Tabla 3*Características dendrológicas de cobertura arbórea por zona evaluada.*

<i>Zona</i>	<i>Nombre científico</i>	<i>Nombre común</i>	<i>Frecuencia</i>	<i>Altura (m)</i>	<i>Diámetro (m)</i>
1	<i>Fraxinus pennsylvanica</i>	<i>Fresno verde</i>	12	13	0.48
	<i>Ailanthus altissima</i>	<i>Árbol del cielo</i>	0	0	0
	<i>Osteopermun x hybrida</i>	<i>Daysi africano</i>	0	0	0
	<i>Morus alba</i>	<i>Morera blanca</i>	0	0	0
	<i>Fraxinus ornus</i>	<i>Fraxinus ornus</i>	0	0	0
2	<i>Fraxinus pennsylvanica</i>	<i>Fresno verde</i>	16	15	0.50
	<i>Ailanthus altissima</i>	<i>Árbol del cielo</i>	0	0	0
	<i>Osteopermun x hybrida</i>	<i>Daysi africano</i>	0	0	0

	<i>Morus alba</i>	<i>Morera blanca</i>	0	0	0
	<i>Fraxinus ornus</i>	<i>Fraxinus ornus</i>	0	0	0
3	<i>Fraxinus pennsylvanica</i>	<i>Fresno verde</i>	19	14	0.45
	<i>Ailanthus altissima</i>	<i>Árbol del cielo</i>	0	0	0
	<i>Osteopermun x hybrida</i>	<i>Daysi africano</i>	12	6	0.35
	<i>Morus alba</i>	<i>Morera blanca</i>	0	0	0
	<i>Fraxinus ornus</i>	<i>Fraxinus ornus</i>	4	5	0.23
4	<i>Fraxinus pennsylvanica</i>	<i>Fresno verde</i>	4	9	0.53
	<i>Ailanthus altissima</i>	<i>Árbol del cielo</i>	2	4	0.33
	<i>Osteopermun x hybrida</i>	<i>Daysi africano</i>	0	0	0
	<i>Morus alba</i>	<i>Morera blanca</i>	2	5	0.18

Nota. La altura y diámetro corresponden al promedio de individuos evaluados. La altura fue determinada mediante la proyección directa y el diámetro a la Altura de Diámetro de Pecho (DAP).

Figura 3

Fraxinus pennsylvanica.



4.2. Cobertura arbórea en la avenida Ejército de la ciudad de Arequipa

Para determinar la cobertura arbórea se utilizó el método directo de medición, teniendo en cuenta la base del árbol y su proyección directa de cobertura arbórea de la zona más extensa horizontalmente denominada dosel (figura 4). Se utilizó una cinta métrica y se midió cada individuo, obteniendo como resultados la cobertura por zonas en m^2 , en la zona 1 la cobertura total fue de $35.33 m^2$, en la zona 2 la cobertura total fue de $111.66 m^2$, en la zona 3 fue de $130.01 m^2$ y en la zona 4 fue de $50.83 m^2$ (Tabla 4). Además, se consideró la cobertura promedio por punto de medición, siendo el promedio más bajo en la zona 1 con un valor de 5.83 y el más alto en la zona 3 siendo el valor de 17.08, con lo cual podemos indicar que en la

zona 3 hay mayor cobertura arbórea en m², así como el promedio más alto por punto de medición (Tabla 4) (Figura 5).

Figura 4

Representación de la medición de cobertura arbórea directa.



Nota. Recuperado de Dreamstime (2022)

Tabla 4

Cobertura arbórea

Zona	Cobertura total (m ²)	Cobertura promedio (m ²)
1	35.33	5,83
2	111.66	16,58
3	130.01	17,08
4	50.83	10,50

Nota. Cobertura promedio por zona evaluada.

Figura 5

Distribución de cobertura arbórea en las 4 zonas de estudio.



Nota. Se aprecian las diferencias de cobertura arbórea en las zonas 1, 2, 3 y 4.

4.3. Nivel de ruido producido por el tránsito vehicular de la avenida Ejército de la ciudad de Arequipa

La medición de ruido se realizó en un área de estudio dividida en 4 zonas en las que previamente se dividió la Avenida Ejército, basado en el criterio de ser zonas con características de cobertura arbórea variadas (Zona 1, 2, 3 y 4), como se observa en la Figura 1. Los datos obtenidos presentaron una gran dispersión en cuanto a el ruido máximo. La Zona 2 tuvo la media más alta de ruido máximo (84,06 dBA), esto debido que por los comercios presentes en esta zona hay mayor tráfico vehicular, mientras que la media más baja de ruido mínimo se registró en la Zona 4 (68,22 dBA) debido a que en esta zona el comercio es algo incipiente lo que permite que los vehículos circulen con mayor fluidez disminuyendo el uso del claxon y por lo tanto la generación de ruido, esto demuestra que los niveles de ruido en todas las zonas superaron los parámetros mínimos establecidos por la OMS, y el Decreto Supremo N° 003-2017-MINAM. Los valores pico de ruido máximo alcanzaron récords de 85,63 dBA y los valores de ruido mínimo alcanzaron los 74,47 dBA, lo que también superó las recomendaciones de las instituciones ya mencionadas.

La diferencia entre las medias de las zonas 1, 2, 3 y 4, no es significativa siendo valores cercanos (Tabla 5), lo que indica que el ruido producido en las zonas de medición no varió representativamente, se utilizó el análisis de varianza (ANOVA), ya que este permite verificar si hay diferencias significativas entre las medias obtenidas anteriormente (Tabla 6), en este caso el dato obtenido fue de 0,118 que al ser mayor a 0,05, ratifica el supuesto de que no existe una diferencia significativa en el ruido generado en las diferentes zonas de medición.

Tabla 5

Ruido en las zonas de la Avenida Ejército de la ciudad de Arequipa

Zona	Ruido máximo		Ruido mínimo		Ruido promedio	Desviación
	Media	Rango	Media	Rango		
1	81.74	80.03 - 83.35	69.08	68.41 - 69.76	77,08 a	5,205
2	84.06	83.78 - 84.34	71.74	69.01 - 74.47	72,65 a	3,472
3	75.47	75.02 - 79.92	69.06	68.15 - 69.97	71,74 a	3,360
4	80.93	76.23 - 85.63	68.22	68.15 - 68.28	74,51 a	3,134

Tabla 6*Análisis de varianza (ANOVA) para el ruido por zonas evaluadas*

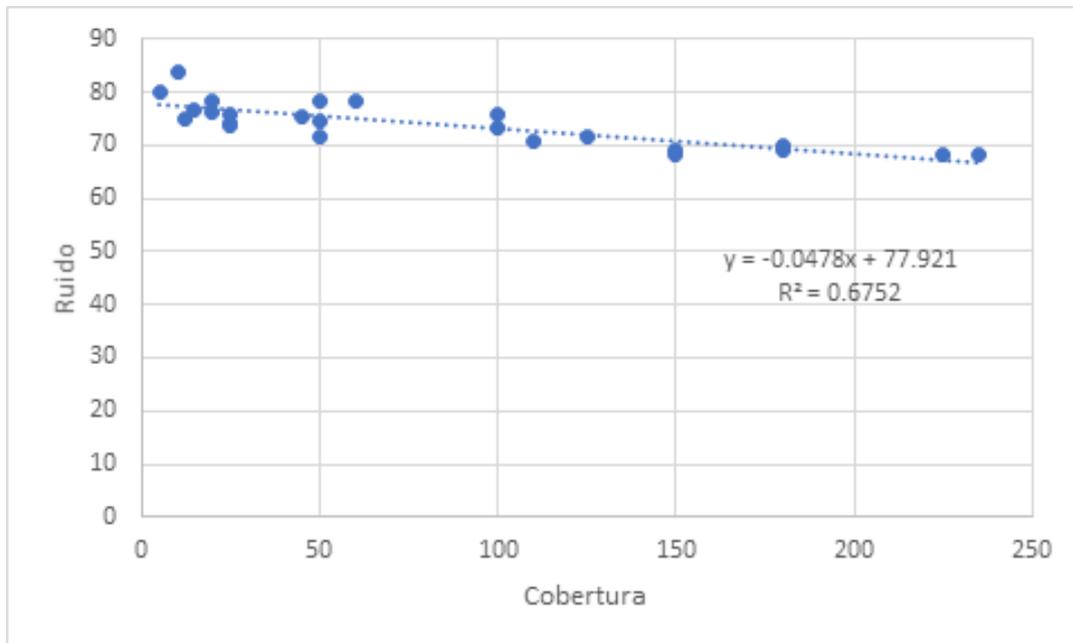
Origen	Sc	gl	MC	FC	p-valor
Zona	100,05	3	33,35	2,214	0,118
Error	301,32	20	15,06		
Total	401,38	23			

4.4. Relación entre la cobertura arbórea urbana y el nivel de ruido producido por el tránsito vehicular de la avenida Ejército de la ciudad de Arequipa

La figura 6 muestra la relación entre la cobertura arbórea urbana y el ruido, para ello se utilizó el coeficiente de correlación de Pearson que es una prueba que mide la relación estadística entre dos variables continuas. Si la asociación entre los elementos no es lineal, entonces el coeficiente no se encuentra representado adecuadamente, en este caso se puede observar un asociación lineal en donde los valores están ligeramente dispersos pero siguen una tendencia, un valor menor que 0 indica una asociación negativa; es decir, a medida que aumenta el valor de una variable, el valor de la otra disminuye, aplicando la fórmula del coeficiente de variación de Pearson se obtuvo que es igual a 0,6752, que al ser menor a cero se puede apreciar claramente que el ruido disminuye a medida que se incrementa el volumen de la cobertura arbórea urbana.

Figura 6

Regresión lineal de Pearson entre las variables Cobertura arbórea y Ruido.



V. DISCUSIÓN

En la presente investigación se demostró que el área de estudio cuenta con 73 individuos de árboles de 5 especies distintas, divididos en las cuatro zonas de estudio, la especie más representativa y con mayor número de individuos fue *Fraxinus pennsylvanica*, los diámetros medidos a la altura de pecho (DAP) de esta especie varían entre 0.45 y 0.53. La cobertura arbórea total en la zona 3 fue de 130.01 m² siendo está también la zona que presenta mayor cantidad de individuos de dicha especie con 19 individuos en total. Teniendo en cuenta dichos datos dendrológicos se ha demostrado que las zonas en donde abunda la especie *Fraxinus pennsylvanica* presenta mayor cobertura arbórea. La información obtenida contrasta con la investigación de Delgadillo, G. (2018), que realizó un estudio para evaluar la reducción de ruido a través de las barreras vegetales *Jacobaea maritima* y *Aptenia cordifolia*, utilizando cuatro métodos: el primero sin cobertura vegetal, el segundo método con cobertura de la especie *Jacobaea maritima*, el tercero con la cobertura de ambas especies *Jacobaea maritima* y *Aptenia cordifolia*, y el cuarto con la cobertura de la especie *Aptenia cordifolia*, el método para obtener el mayor nivel de atenuación sonora fue el tratamiento barrera con *Aptenia cordifolia* (13,56 dBA) ya que los árboles de esta especie han logrado desarrollar una mayor área foliar, reduciendo así el ruido a través de fenómenos de propagación del sonido como absorción, difracción y refracción, con lo cual afirmamos que las especies arbóreas permiten la reducción del ruido, según sus características dendrológicas como la cobertura o área de follaje.

En cuanto a la cobertura arbórea se obtuvo como resultados que en la zona 1 la cobertura total fue de 35.33 m², en la zona 2 la cobertura total fue de 111.66 m², en la zona 3 fue de 130.01 m² y en la zona 4 fue de 50.83 m². Además, se consideró la cobertura promedio por punto de medición, siendo el promedio más bajo en la zona 1 con un valor de 5.83 y el más alto en la zona 3 siendo el valor de 17.08, con lo cual podemos indicar que en la zona 3 hay mayor cobertura arbórea en m². La investigación realizada por Van y Botteldooren, (2016), en la cual se estudió el efecto de la vegetación exterior, sobre la molestia del ruido, demostraron que a medida en que la vegetación es abundante se reducen las molestias producidas

por el ruido, ya que en sus resultados la vegetación era insuficiente por lo que las personas indicaron tener mayor cantidad de molestias. Es por ello que coincidimos con dicha investigación ya que según los datos obtenidos la cantidad de cobertura arbórea urbana o vegetación urbana si está relacionada con las molestias que produce la generación de ruido en este caso el ocasionado por el tránsito vehicular. Klingberg et al., (2017), realizó el estudio de los niveles de contaminación del aire (NO₂, PAH, O₃), antes (BLE) y después (ALE) de la emergencia de las hojas, en el paisaje urbano de Gotemburgo en Suecia, en un sitio con vegetación, los niveles de partículas de PAH y NO₂ eran más bajos que en un sitio sin vegetación a cierta distancia de una ruta de tráfico muy transitada, si bien en nuestro estudio no se evaluó la contaminación con gases, demuestra uno de los tantos beneficios de la cobertura arbórea urbana es la mitigación no solo de ruido sino de gases contaminantes.

En la presente investigación la medición de ruido se realizó en un área de estudio dividida en 4 zonas (Zona 1, 2, 3 y 4). La Zona 2 tuvo el promedio más alto de ruido máximo (84,06 dBA), mientras que el promedio más bajo de ruido mínimo se registró en la Zona 4 (68,22 dBA) esto demuestra que los niveles de ruido en todas las zonas superaron los parámetros mínimos establecidos por la OMS, y el Decreto Supremo N° 003-2017-MINAM. Las diferencias de ruido entre las zonas 1, 2, 3 y 4, no es significativa siendo los valores cercanos, lo que indica que el ruido producido en las zonas de medición no varió representativamente, se utilizó el análisis de varianza (ANOVA), el dato obtenido fue de 0,118 que al ser mayor a 0,05, ratifica el supuesto de que no existe una diferencia significativa en el ruido generado en las diferentes zonas de medición, en el estudio realizado por Magrini et al., (2015) abordaron que el ruido del tráfico vehicular es un problema importante en todas las grandes ciudades Las características acústicas de las superficies afectan la propagación del ruido en el entorno urbano por lo tanto mediante un mejor diseño y gestión de superficies, el aumento de la absorción superficial podría ser efectiva para disminuir la contaminación acústica ambiental y, por tanto, reducir los niveles sonoros, considerando los datos de la investigación coincidimos en que el ruido producido por el tráfico vehicular es un problema ambiental importante, sin embargo consideramos que el uso de barreras cómo la cobertura arbórea urbana son muy

eficientes para la mitigación de este contaminante quizá mejor que las barreras acústicas superficiales, además las cobertura arbórea agrega beneficios que van más allá de la mera atenuación de ruido, como mejorar el paisaje, aumentar la producción de oxígeno, espacios para la creación de distintos tipos de ecosistemas, etc. Pudjowati et al. (2013), utilizaron varios sonómetros ubicados en diferentes puntos de monitoreo, uno con vegetación arbórea, uno sin ella, pero con vegetación a ras de suelo y un control sin ella; el resultado mostró que la reducción del ruido ocurre para ciertas distancias según la especie específica, en nuestro estudio se consideró la equidistancia distancia de los puntos de monitoreo y la zona de tránsito vehicular, siendo está de 2.5 m, se utilizó un único Sonómetro CEM DT – 8852 IEC 61672 – 1 CLASS 2 S/N: 181224454 calibrado para evitar la variación de datos.

La relación entre la cobertura arbórea urbana y el ruido, fue hallada con el coeficiente de variación de Pearson, aplicando la fórmula del coeficiente de variación de Pearson se obtuvo que es igual a 0,6752, que al ser menor a cero se puede apreciar claramente que el ruido disminuye a medida que se incrementa el volumen de la cobertura arbórea urbana. Samara et.al. (2007), estudiaron la atenuación del ruido del tráfico por la vegetación en toda la carretera de circunvalación de Tesalónica, Grecia, los resultados indicaron que consiguieron una reducción de 6 dB con la especie *Pinus brutia Ten*. En la presente investigación se evidenció que en zona 3 en la cuál se encuentra el mayor número de individuos de la especie *Fraxinus pennsylvanica* el ruido producido en promedio fue de 75.47 dB, lo que demuestra gran eficiencia de esta especie para la mitigación del ruido, observándose una reducción de 8,59 dB en comparación con la zona de mayor ruido (Zona 2), por lo que determinamos que no sólo es eficiente la especie *Pinus brutia Ten* en la reducción del ruido producido por el tránsito vehicular sino que otras especies pueden ser igual o mucho más eficientes.

VI. CONCLUSIONES

Las especies identificadas en el área de estudio fueron 5 especies: *Ailanthus altissima*, *Osteospermum x hybrida*, *Morus alba*, *Fraxinus ornus* y *Fraxinus pennsylvanica*, siendo esta última la más representativa y abundante, siendo relevante ya que representa la mayor cobertura arbórea de las zonas.

Los niveles de ruido en el área de estudio excedieron los parámetros mínimos establecidos por la Organización Mundial de la Salud y la normativa peruana que es el Decreto Supremo N° 003-2017 - MINAM. De acuerdo a las zonas determinadas por el MINAM, el área de estudio corresponde a una zona comercial, por ende, los valores máximos de ruido diurno son de 70 dBA y 60 dBA en el horario nocturno, superando estos límites en todos los puntos de medición.

Fue posible establecer una relación matemática estadística que permitió demostrar que a mayor presencia de cobertura arbórea urbana el ruido disminuye, esto debido a que los árboles con alta densidad de hojas y que se encuentran cerca de las vías de tránsito hacen que el sonido se disperse y de esa manera reducen el rebote del ruido generando eco en las fachadas u otras causado por el tránsito urbano.

El ruido producido en la Avenida Ejército de la ciudad de Arequipa, excede los valores recomendados por el ECA ruido Decreto Supremo N° 003-2017-MINAM, siendo perjudicial para la salud de las personas que viven en zonas aledañas a dicha avenida, así como para los transeúntes y comerciantes.

VII. RECOMENDACIONES

Para una reducción de ruido óptima, los árboles tendrían que ser sembrados cerca al origen del ruido y no cerca de la zona de recepción, que, en el caso de árboles en la calle, es casi lo mismo. En bosques, parques o jardines, se agrega otro efecto importante, el enmascaramiento del ruido de las plantas a través de la sustitución de sonidos agradables para cubrir los desagradables, como la naturaleza tiene sus propios sonidos, como el movimiento de las hojas y el canto de los pájaros.

Se recomienda que, al realizar la planificación de arborización por parte de la municipalidad, se consideren variedad de especies con diámetros mayores a los obtenidos, así como mayor amplitud de follaje como la especie *Fraxinus pennsylvanica* para optimizar la mitigación del ruido. Además, se debe considerar los cambios de estación para que haya especies que tengan follaje óptimo en distintas etapas del año.

REFERENCIAS

- Alfie Cohen, M., & Salinas Castillo, O. (2017). Noise in the city. Acoustic pollution and the walkable city. *Estudios demográficos y urbanos*, 32(1), 65-96.
- Amable Álvarez, I., Méndez Martínez, J., Delgado Pérez, L., Acebo Figueroa, F., de Armas Mestre, J., & Rivero Llop, M. L. (2017). Contaminación ambiental por ruido. *Revista Médica Electrónica*, 39(3), 640-649.
- Arenas, C., Leiva, C., Vilches, L. F., Arroyo, F., & Luna-Galiano, Y. (2019). Assessing durability properties of noise barriers made of concrete incorporating bottom ash as aggregates. *European Journal of Environmental and Civil Engineering*, 23(12), 1485-1496.
- Arias-Caicedo, D. A., Castiblanco-Prieto, J. J., Castillo-de Herrera, M. C., Díaz-Osorio, M. S., Medina-Arboleda, I. F., Medina-Ruiz, M., & Vallejo-Rivas, A. Y. (2019). El borde urbano como territorio complejo: reflexiones para su ocupación.
- Bell, L. H., & Bell, D. H. (2017). *Industrial noise control: Fundamentals and applications*. CRC Press.
- Cerdà, J. (2016). The Sound of Water as a Forming Element of the Place. BRAC: Barcelona, Recerca, Art, Creació, 4(3), 219-247. *Sound Cartography of The Alhambra*.
- Corral, R (2016). Una aproximación a la estructura del arbolado urbano: Propuestas de implantación. *Costa Rica: ITTAA*.
- Del Castillo Quirita, J. R. (2017). Mitigación de los niveles de ruido por aislamiento acústico de la cabina del proceso de granallado en la Empresa Weir Minerals Vulco Perú SA.
- Delgadillo Valdez, G. J. (2018). *Reducción Del Ruido Mediante Barreras Vegetales Con Las Especies Jacobaea Maritima Y Aptenia Cordifolia En Condiciones Controladas–Lima 2018.*, n.d.
- Díaz-Guerra Ortega, Á. (2021). Análisis de la tecnología de navegación por satélite en el sector de la automoción.
- Foraster, M. (2017). *El ruido enferma y es un problema de salud pública. El País*, 2.

- Gómez, L. (2019). *Diagnóstico del nivel de contaminación por ruido vehicular en aulas y su efecto en la enseñanza-aprendizaje en la ciudad universitaria Los Granados-2018.*
- Herrmann-Lunecke, M. G., Mora, R., & Véjares, P. (2020). Identification of elements of the urban landscape that promote walking in Santiago. *Urban planning magazine.*
- INEI, (2017). *Censo Nacional 2017.*
- Jauregui, U (2016). Los microclimas urbanos y el manejo de la arbolada. Arizona, EE.UU: Forestry Division. *University of Arizona & USDA, Forest Service.*
- Johansen, M. G. (2021). *Understanding of Green Infrastructure and implications for urban planning in the Mexican city of Culiacán (Master's thesis, Norwegian University of Life Sciences, Ås).*
- Journal of the Faculty of Agricultural Sciences (2016). National University of Whose. Influence of urban trees on noise levels in a city in central Chile.
- Klingberg, J, Broberg, M, Strandberg, B, Thorsson, P & Pleijel, H. (2017). Influence of urban vegetation on air pollution and noise exposure – A case study in Gothenburg, Sweden. *Science of The Total Environment.*
- Ledesma, M (2008). Arbolado público: Conceptos. Manejo. *Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria.*
- Llorca, J. (2017). El Caso Del Barrio San Nicolás En Cali, Colombia. *Revista Invi*, 32(89), 9-59. *Paisaje Sonoro Y Territorio.*
- Magrini, A, Lisot, A. (2015). Noise Reduction Interventions in the Urban Environment as a form of Control of Indoor Noise Levels. *Energy Procedia.*
- Martínez, J., & Peters, J. (2015). Contaminación acústica y ruido. *Ecologistas en acción.*
- Mazari, M and Wiener, G (2015). Landscape architecture, works, projects and reflections. *Mexico: Autonomous University of Mexico.*
- Molina, O. (2017). *Universidad Javeriana de Colombia. Manejo de la composición arbórea urbana. Bogotá, Colombia.*
- Nogueira D.A (2017). La Estructura del arbolado urbano de México. *Pearson editores.*

- Odum, P. and Sarmiento, F (2018). McGraw-Hill Interamericana. Ecology: the bridge between science and society (2nd Edition) Mexico.
- OEFA. (2016, junio). La contaminación sonora en Lima y Callao. *Ministerio del Medio Ambiente*.
- Organización mundial de la salud (2021, 2 de marzo). The WHO warns that, according to forecasts, one in four people will have hearing problems in 2050. *OMS*.
- Ortega, A. O. (2018). *Enfoques De Investigación. Métodos Para El Diseño Urbano–Arquitectónico.*, n.d.
- Pereyra, M. B., Sanguineti, S. B., Abraham, G., Alvarez, P., Giró, E., Herrera, N., ... & Sosa, S. (2019). *Sistemas Expresivos y Estética Del Lenguaje Sonoro*. Brujas.
- Pickett, T.A.; Jurek, K y Clive, J (2007). *Ecological Understanding: the Nature of Theory and the Theory of Nature*, San Diego. *EE.UU: Academic Press. Ecological Understanding*.
- Ponce Macias, C. J. (2019). *Evaluación de áreas verdes y arbolado existente en la zona urbana del cantón Jipijapa (Bachelor's thesis, JIPIJAPA-UNESUM)*.
- Rivas Torres, D. (2012). *Urban Forestry and Arboriculture: Conceptual Discussion. Chapingo Autonomous University. Texcoco, State of Mexico. Mexico*.
- Robles M. (2019). *Methodological proposal to evaluate the mitigation of noise pollution by urban green spaces. Case of the Metropolitan Area of M. Acoustics Laboratory - National Technological University- Mendoza Regional Faculty*.
- Rodenbeek, J. P. Á., & Silva, E. S. (2017). Estudio comparativo para modelos predictivos del ruido de tráfico rodado, a través de mediciones in situ en un sector de la ciudad de Osorno. *Síntesis Tecnológica*, 4(2), 17-24.
- Rybakowskia, M. Dudarskia, G. Kowala, E.(2014). *Research and analysis of noise emitted by vehicles according to the type of surface roads and driving speed*.
- Sanchez. (2007). *Efectos de la contaminación acústica frente a la salud. Hospital Universitario Virgen Macarena. Sevilla*.

- Sebastian, A., Javier, D., & Karla, R. (2018). Environment and health: environmental factors that influence living conditions. *Binding Magazine*.
- Segovia, O y Guillermo, D (2018). Espacio público, participación y ciudadanía. *Ediciones SUR*.
- Segués E, F. (2008). *Ruido de tráfico: Carreteras*.
- Seminario Contaminación Acústica y Control de Ruido Ambiental. Decreto Supremo N°38/11 MMA, (2012). *Sociedad Chilena de Acústica*.
- Therán, N., Rodríguez, L. y Maniarre, J (2019). *Revista Arquitectura CUC. Microclima y Confort Térmico Urbano*.
- Van Renterghem, T., & Botteldooren, D. (2016). View on outdoor vegetation reduces noise annoyance for dwellers near busy roads. *Landscape and urban planning*, 148, 203-215.
- Velasco-Sánchez, E., Clar-García, D., Campillo-Davó, N., Peral-Orts, R., & Campello-Vicente, H. (2018). Estimación del nivel de presión sonora emitido por un vehículo en el ensayo Coast-By a partir del nivel de potencia sonora obtenido en ensayos de laboratorio.
- Vallejo, Y (2016). Dasometric evaluation in urban areas. *México: Autonomous University of Nuevo León*.
- Zamorano-González, B., Peña-Cárdenas, F., Velázquez-Narváez, Y., Vargas-Martínez, J. I., & Parra-Sierra, V. (2019). Contaminación por ruido y el tráfico vehicular en la frontera de México. *Entreciencias: diálogos en la sociedad del conocimiento*, 7(19), 27-35.

ANEXOS

REGISTRO FOTOGRÁFICO

Ubicación del equipo de medición.



Ajuste de sonómetro para iniciar medición de ruido.



Medición de ruido en la zona 2



Medición de ruido nocturno.



Análisis dendrológico zona 2.



Medición in situ de cobertura arbórea.





UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

Declaratoria de Autenticidad del Asesor

Yo, SOLORZANO ACOSTA RICHARD ANDI, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA AMBIENTAL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - LIMA NORTE, asesor de Tesis titulada: "Influencia de la Cobertura Arbórea Urbana sobre el Nivel de Ruido Producido por el Tránsito Vehicular de la Avenida Ejército de la Ciudad de Arequipa

", cuyo autor es YAULI SUNI KELLY YESENIA, constato que la investigación tiene un índice de similitud de %, verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

He revisado dicho reporte y concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la Tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

En tal sentido, asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

LIMA, 23 de Agosto del 2022

Apellidos y Nombres del Asesor:	Firma
SOLORZANO ACOSTA RICHARD ANDI : 45283270 ORCID: 0000-0003-3248-046X	Firmado electrónicamente por: RSOLORZANOAC el 23-08-2022 11:02:49

Código documento Trilce: INV - 0937404