

Acceptance date: 14/01/2025

<https://doi.org/10.65937/ciudadglocal.2025.4.v1.n1>

## **Contaminación auditiva por autobuses de tránsito rápido. Entropía y negentropía en la metrópoli de Guadalajara, México**

*Auditory Pollution from Bus Rapid Transit Systems: Entropy and Negentropy in the Metropolitan Area of Guadalajara, Mexico*

María Azucena Arellano Avelar  
Departamento de Sustentabilidad y Ciencias del Territorio, División de Innovación Social, Humanidades y Estudios de la Ciudad, Centro Universitario de Tlajomulco. Universidad de Guadalajara. Correo electrónico: [azucena.arellano@academicos.udg.mx](mailto:azucena.arellano@academicos.udg.mx)  
ORCID id: <https://orcid.org/0000-0001-5041-9430>

Martha Georgina Orozco Medina  
Departamento de Ciencias Ambientales, División de Ciencias Biológicas y Ambientales, Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias. Universidad de Guadalajara. Correo electrónico: [martha.orozco@academicos.udg.mx](mailto:martha.orozco@academicos.udg.mx)  
ORCID id: <https://orcid.org/0000-0002-2619-3408>

Javier Omar Martínez Abarca  
Consultor ambiental particular. Egresado de la Maestría en Ciencias de la Salud Ambiental, Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias. Universidad de Guadalajara. Correo electrónico: [javier.mabarca@alumnos.udg.mx](mailto:javier.mabarca@alumnos.udg.mx) ORCID id: <https://orcid.org/0000-0003-4592-7822>



Esta obra está bajo una licencia Creative Commons Atribución-NoComercial SinDerivadas4.0 Internacional.

Nora Elena Preciado Caballero  
Departamento de Estudios del Pacífico,  
División de Estudios de Estado y  
Sociedad, Centro Universitario de  
Ciencias Sociales y Humanidades,  
Universidad de Guadalajara. Correo  
electrónico:  
[nora.preciado@academicos.udg.mx](mailto:nora.preciado@academicos.udg.mx)  
ORCID id: <https://orcid.org/0000-0001-8764-3794>

## Resumen

El aumento de la contaminación auditiva generada por la práctica de la automovilidad particular se ha caracterizado por efectos residuales que afectan la calidad de vida y salud de la población de las metrópolis. En este sentido, se han incentivado estrategias de movilidad urbana que implican reducciones importantes en los niveles de entropía intrasistémica. El objetivo de este trabajo consistió en analizar los niveles de contaminación auditiva a partir de la implementación del sistema de tránsito rápido (BRT) denominado Macrobús en la metrópoli de Guadalajara, México. Este ejercicio se llevó a cabo siguiendo la metodología descrita por Orozco (2018), y el modelo Entropía-Homeostasis-Neguentropía; una conceptualización desarrollada para el análisis y evaluación de diversos fenómenos urbanos. El estudio demuestra que los niveles de ruido previos y posteriores a la implementación del Macrobús, persisten de forma significativa. Estos hallazgos enfatizan la necesidad de abordar de manera eficaz la contaminación acústica en las áreas urbanas, a partir de la adopción de medidas concretas en favor de la movilidad sostenible, así como la

sensibilización pública sobre los impactos adversos del ruido en la salud y el bienestar de los habitantes de la ciudad.

**Palabras clave:** BRT, contaminación auditiva, entropía intraurbana, homeostasis, neguentropía, movilidad urbana.

## Abstract

*The increase in auditory pollution caused by private car use has been characterized by residual effects that negatively impact the quality of life and health of metropolitan populations. In this context, urban mobility strategies have been promoted to significantly reduce intrasystemic entropy levels. This study aimed to analyze the levels of auditory pollution following the implementation of the Bus Rapid Transit (BRT) system known as Macrobús in the metropolitan area of Guadalajara, Mexico. This analysis was conducted using the methodology described by Orozco (2018) and the Entropy-Homeostasis-Negentropy model, a conceptual framework developed for the analysis and evaluation of various urban phenomena. The study demonstrates that noise levels before and after the implementation of the Macrobús system remain significantly high. These findings highlight the need to effectively address urban noise pollution through the adoption of concrete measures to promote sustainable mobility and raise public awareness about the adverse impacts of noise on the health and well-being of city residents.*

**Keywords:** *BRT, auditory pollution, intraurban entropy, homeostasis, negentropy, urban mobility.*

## Introducción

Las metrópolis pueden ser consideradas como un sistema, el cual tiene un funcionamiento óptimo cuando se encuentra en homeostasis (equilibrio), sin embargo, al igual que en todos los sistemas, existen fuerzas que actúan sobre ellos y alteran la homeostasis de la metrópolis (fuerzas entrópicas); si se quiere mantener la homeostasis de esta, es necesario que se busquen y apliquen fuerzas que ejerzan un efecto contrario, mejor conocidas como neguentrópicas.

La entropía es un concepto que ha sido abordado desde diversos puntos de vista, tanto en las ciencias sociales como en la física; generalmente se le asocia con la energía, pero también puede ser entendido como un estado de desorden que experimentan los sistemas (Aspirilla, González & García de Quevedo, 2018). Aplicándose a las metrópolis como sistema, pueden enumerarse muchos componentes considerados fuerzas entrópicas, por ejemplo, el tráfico vehicular y las emisiones sonoras que genera, las cuales rompen la homeostasis del sistema, en este caso los niveles de ruido dentro de la normativa, y los valores recomendados por organismos internacionales.

La neguentropía es la encargada de subsanar el desorden y mantener la homeostasis del sistema. Es decir, que, si se desea regresar a la homeostasis, es necesario que dichas fuerzas

neguentrópicas (por ejemplo, la implementación de sistema de transporte público sostenible, eficiente, organizado y de calidad) ejerzan un efecto contrario en la entropía. Aunado a ello, la planificación urbana y territorial desde el enfoque de los sistemas también podría representar una fuerza neguentrópica (Aspirilla et al., 2018).

Diversos sistemas urbanos, que experimentan el proceso de metropolización, circunscriben innumerables factores causales de entropía. El deterioro de la calidad ambiental, por ejemplo, y la calidad vida de sus habitantes caracterizan las homeostasis de estos sistemas. Asimismo, una causal más de entropía es la contaminación auditiva o ruido proveniente principalmente del transporte vehicular y derivado de la necesidad de movilidad diaria de millones de personas, que realizan viajes origen-destino; es decir, viajes desde del lugar de residencia hasta el lugar de trabajo o escuela, viajes recreativos, emergencia médica o por requerimientos del sistema industrial, comercial, administrativo y de servicios (Ramírez & Domínguez, 2011).

De acuerdo con la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE), 130 millones de personas, durante el día, están expuestas a niveles de ruido que superan los 65 dB(A) (decibel ponderado A) y gran parte de ellas sufren grados de contaminación auditiva por encima de los límites establecidos por la Organización Mundial de la Salud (OMS), y la Agencia Americana de Protección del Medio Ambiente (Díaz & Linares, 2015).

Como señala Quintero (2013) y desde el punto de vista de la contaminación auditiva, el ruido generado por el tráfico genera efectos fisiológicos negativos significativos sobre la salud humana, como insomnio, aumento de estrés y el nivel de agresividad, producto de la afectación del entorno ambiental de las personas en contacto directo o que se encuentran en áreas cercanas a los flujos vehiculares intensos en las ciudades. En suma, es una fuerza entrópica que afecta directamente los procesos mentales de las personas.

En la metrópoli de Guadalajara, isomorfo a diversos sistemas urbanos con características metropolitanas en México, el tráfico vehicular es una de las principales fuentes de contaminación acústica. Incluso, se han elaborado mapas sonoros que muestran que la media del ruido es de 78.8 dB(A). Esta cifra supera los niveles de sonido recomendados por la OMS desde 1999; es decir, 45 dB(A) en horario nocturno y 55 dB(A) en el diurno (Orozco-Medina, 2008).

En este contexto, la implementación de sistemas de transporte masivo plantea una serie de beneficios económicos, ambientales y sociales, tanto para la movilidad urbana, la reducción de emisiones contaminantes y el ruido. Así, los denominados buses de tránsito rápido (BRT, por sus siglas en inglés) surgen de la necesidad de un transporte eficiente, menos contaminante e incluyente en materia de accesibilidad universal. Igualmente, estos sistemas se caracterizan por su alta capacidad, estaciones fijas para ascenso y descenso de pasajeros, carriles confinados, sistemas

inteligentes para la señalización, modalidades de prepago con tarjetas y disminución en la emisión de gases contaminantes (Leo, Adame, & Jiménez, 2012).

La carencia de un transporte público moderno, eficiente y de calidad en las ciudades, ocasiona que se incentive el uso de automóviles particulares, ya que parece razonable su uso en términos de rapidez, calidad, confiabilidad, comodidad, eficiencia y seguridad. En este sentido, los sistemas BRT representan una modalidad de transporte público sostenible, eficiente, organizado y de calidad (De Miguel & Tavares, 2015).

Los sistemas BRT se están utilizando cada vez más como una opción para enfrentar los problemas ambientales y de movilidad en zonas urbanas de América Latina y el mundo, ya que buscan aumentar la movilidad y reducir externalidades negativas como los accidentes de tránsito y las emisiones de contaminantes a nivel local y global, también tienen por objetivo mejorar la movilidad, así como el acceso a empleos, bienes y otros servicios para la población. Durante el periodo de 2005 al 2012, los sistemas BRT representaron aproximadamente la mitad de los proyectos de transporte urbano financiados por el Banco Interamericano de Desarrollo (BID), representando el 36% de la cartera de financiamiento para el sector transporte urbano (Banco Interamericano de Desarrollo, 2016).

Más de 45 ciudades de América Latina han realizado inversiones en sistemas tipo BRT, lo que representa el

63.6% del número de pasajeros en este tipo de sistemas a nivel mundial (Rodríguez & Vergel, 2013). La mayoría de las ciudades en las que se han implementado sistemas de transporte masivo tipo BRT, han obtenido beneficios ambientales tales como mejor la calidad del aire, lo cual se ve reflejado en la salud de la población, adicionalmente también se ha disminuido la contaminación auditiva, debido a la reducción en el uso de vehículos privados, una baja en la tasa de accidentes de tránsito y la optimización en los tiempos de recorrido gracias al diseño del trazo de la ruta del BRT, podría decirse que este sistema de transporte hace una movilidad más eficiente a lo largo de los corredores estratégicos que emplean estos medios masivos (De Miguel & Tavares, 2015).

Con base en las características de la tecnología de los BRT, éstos han ofrecido no sólo un sistema de movilidad masiva costeable y eficiente, sino, además, un sistema cardinal para la transformación de la ciudad en espacios más ordenados, preservados, habitables, seguros y productivos; esto se debe a dos razones principales: 1) su viabilidad costeable y 2) los diversos beneficios que ha ofrecido a ciudades que han sufrido deterioro en sus espacios de tránsito y uso público (Díaz, 2009).

De acuerdo con Zamora-Colín, Campos-Alanís y Calderón-Maya (2013), los sistemas BRT reflejan una alta calidad en materia de movilidad, proporcionando un elevado nivel de satisfacción entre los usuarios, ya que reduce el tiempo de tránsito del viaje, aumenta la confiabilidad y comodidad durante el viaje, mejora las

conexiones de transporte y la disponibilidad de un servicio más directo, disminuyendo los tiempos de permanencia y de espera en la parada de la estación.

En 2009 el Gobierno del estado de Jalisco impulsó una iniciativa de política pública en materia de movilidad urbana, y tuvo como estrategia el desarrollo integral del transporte masivo para el Área Metropolitana de Guadalajara (AMG). Uno de los proyectos identificados para atender este tema fue el BRT denominado Sistema de Transporte Macrobús (hoy llamado Mi Macro Calzada), el cual contempló en su fase inicial el corredor "Calzada Independencia - Gobernador Curiel" en el municipio de Guadalajara, que, por su condición geográfica y política como la capital del estado de Jalisco, concentra importantes actividades administrativas, económicas, educativas, culturales y comerciales en comparación con el resto de los municipios de la entidad.

De acuerdo con Córdova (2009), la implementación del corredor Macrobús, representaría en términos de vialidad vehicular y de movilidad urbana una mejora para la metrópoli, ya que confluyen distintas vialidades por las que circulan elevados flujos vehiculares, además de que el transporte público opera de forma desorganizada y con sobreposición de rutas, lo que deriva en elevados costos de viaje debido a la baja eficiencia de circulación en la zona impactando en los costos de viaje para la sociedad en términos del tiempo y los costos de operación vehicular para trasladarse.

El estudio previo de Impacto Ambiental a la implementación del BRT en la ciudad de Guadalajara, proporcionado a través la Secretaría de Medio Ambiente y Desarrollo Territorial del estado de Jalisco (SEMADET), y elaborado por el Organismo Coordinador de la Operación Integral del Servicio de Transporte Público del Estado (OCOIT<sup>4</sup>) en febrero de 2009, contempló el estudio por Área Geoestadística Básica (AGEB), efectuó el análisis y determinación de la calidad y proyección de los factores ambientales: físicos, aire, dispersión de contaminantes emitidos por vehículos y ruido.

Entre las metas asociadas a las políticas de movilidad que se plantearon en el estudio anteriormente referido fueron: lograr un impacto significativo en los hábitos de movilidad, traducido para una mejor calidad del aire y salud (índices en cuanto a modos de transporte, índices de emisiones), representaría una solución innovadora a los problemas de movilidad urbana y finalmente que las emisiones de dióxido de carbono se reducirán de 12.9 toneladas diarias a 2.8.

Respecto al análisis previo de ruido que se efectuó en el estudio de Impacto Ambiental en el trazo del Macrobús, este evidenció que las condiciones eran proclives a generar problemas físicos y psicológicos de quienes estaban expuestos de manera continua, ya que los niveles de ruido generados fueron altos, catalogándolo como excesivo dominante a lo largo del corredor ya que se superaban

los 90 dB(A), configurando un panorama crítico ante el cual proponían se tomaran medidas específicas (Orozco, et al., 2009).

Con base en lo anterior, el objetivo de esta investigación fue analizar los niveles de contaminación auditiva de la línea 1 del BRT de la metrópoli de Guadalajara en México (figura 1). Actualmente opera en un corredor de 16 kilómetros de longitud, 27 estaciones y atiende una demanda diaria de 127,000 pasajeros (Global BRT Data, 2019).



### Fotografía 1.

*El Macrobús en la metrópoli de Guadalajara, México*

**Fuente:** Directa

El corredor del Macrobús conocido como la Calzada Independencia es considerado una vialidad principal que conecta de norte a sur y divide el oriente y poniente de la metrópoli. El flujo vehicular es importante e incide en el incremento de los niveles de contaminación auditiva, a pesar de las denuncias recurrentes a las

<sup>4</sup> Instituto hoy extinto.

autoridades de ecología y seguridad pública (Núñez-Galaviz, 2007).

### Materiales y métodos

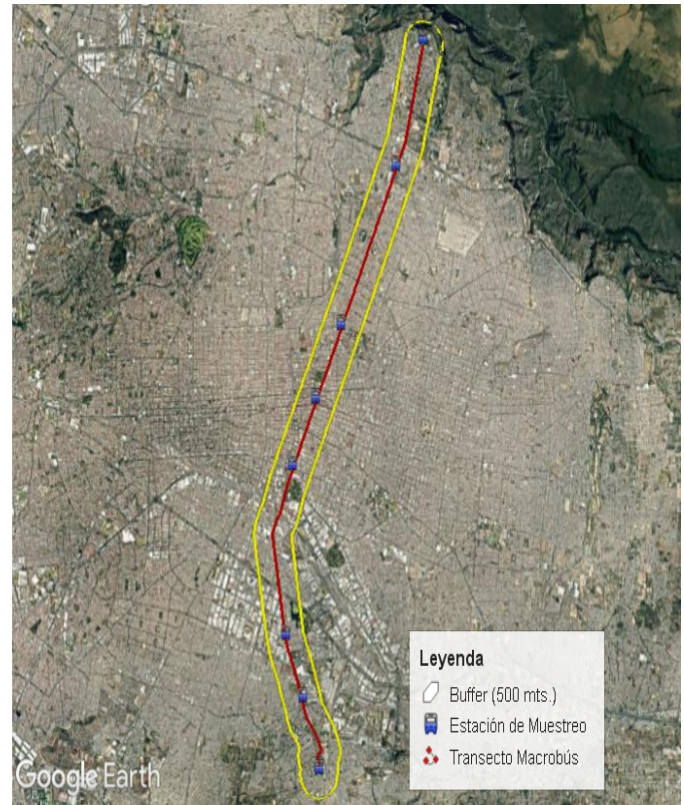
Después de efectuar un recorrido por el transecto que ocupa el Macrobús, se caracterizaron las 27 estaciones que lo conforman con la finalidad de seleccionar puntos representativos, establecer los horarios adecuados y diseñar los formatos para la recopilación de datos. Además, se llevó a cabo la toma de fotografías y la ubicación geográfica por medio de un geoposicionador satelital (GPS).

Posteriormente, se trazó y delimitó la zona en los programas ArcGis® y Google Earth (ver mapa 1). Asimismo, se elaboró un buffer de 500 metros siguiendo la metodología en el Estudio de Impacto Ambiental realizado previamente a la implementación del Macrobús por el Organismo Coordinador de la operación Integral del Servicio de Transporte Público del Estado de Jalisco (OCOIT); y así como las guías que emplea la Secretaría de Medio Ambiente y Desarrollo Territorial del Estado de Jalisco (SEMADET, 2010) para la elaboración de manifestaciones de impacto ambiental.

Para la selección de los puntos de medición del ruido (ver tabla 1), se emplearon criterios de inclusión específicos, resultando en la elección de ocho puntos representativos. Estos criterios se definieron considerando:

- a) Estación con mayor demanda al medio de transporte.

- b) La presencia de un elevado flujo vehicular, determinado por el alto nivel de carga vehicular en la estación, y
- c) La detección de niveles significativos de ruido y vibraciones generados por el tránsito vehicular.



### Mapa 1.

*Estaciones de Muestreo (iconos azules) Macrobús en la Calzada Independencia de Guadalajara, Jalisco, México.*

**Fuente:** Elaboración propia con base en Google Earth y ArcGis®

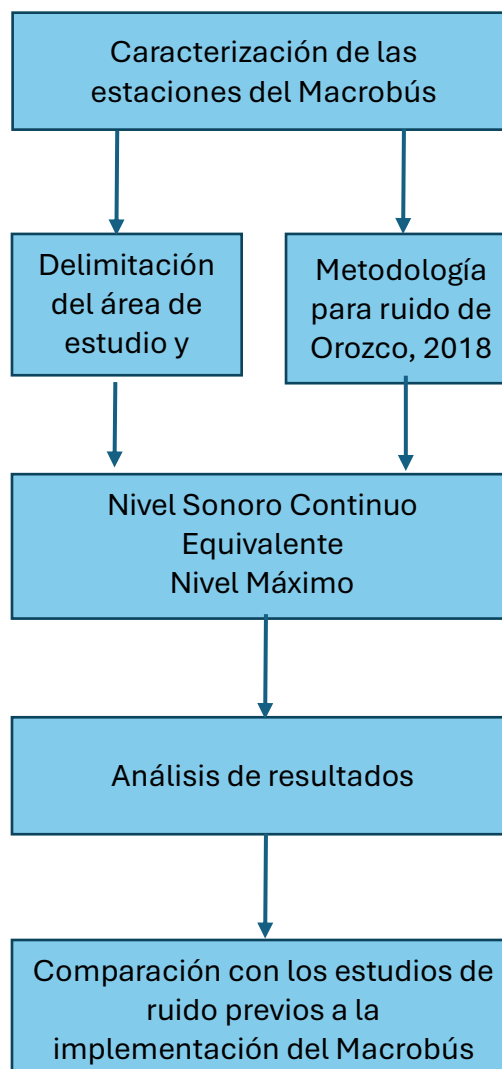
**Tabla 1.**

*Localización de las estaciones de muestreo en el corredor Macrobus (hoy Mi Macro Calzada)*

Punto	Estación	Latitud Norte	Longitud Oeste
P1	Fray Angélico	2279819	672684
P2	Clemente Orozco	2281166	672302
P3	Zona Industrial	2282406	671850
P4	Niños Héroe	2285770	672067
P5	San Juan de Dios	2287152	672751
P6	Ciencias de la Salud	2288713	673528
P7	San Patricio	2291591	674945
P8	Mirador	2294020	675753

**Fuente:** Elaboración propia.

Para conocer los niveles de ruido actuales generados a lo largo del corredor del Macrobus se aplicó la metodología de Orozco-Medina (2018) a fin de efectuar las mediciones correspondientes. Esta metodología proporciona un diagnóstico sobre los niveles de contaminación auditiva, incluyendo tanto los valores mínimos como máximos, así como los promedios. Una vez recopilados los datos, se procedió al análisis de los resultados, los cuales fueron comparados con el estudio de Impacto Ambiental realizado previamente a la implementación del Macrobus. Dado que han transcurrido más de 14 años desde la instauración del sistema, resulta pertinente determinar si los problemas asociados con los altos niveles de ruido se han exacerbado (ver figura 1).

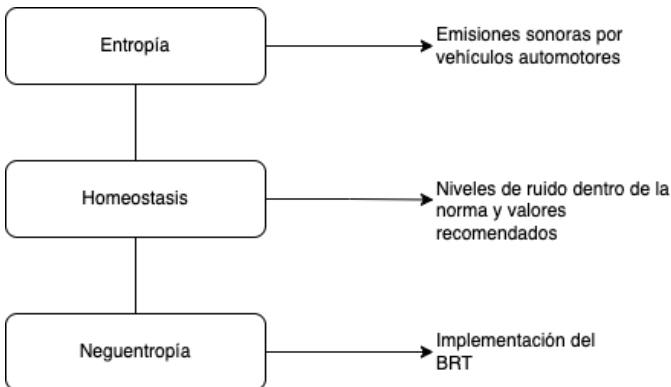


**Figura 1.** Diagrama metodológico aplicado en la investigación

**Fuente:** Elaboración propia.

Para el desarrollo de la presente investigación se realizó una adaptación de la metodología mencionada, utilizando el modelo Entropía-Homeostasis-Neguentropía (EHN). En este contexto, las

emisiones sonoras de vehículos automotores se consideraron como la principal fuerza entrópica. La homeostasis se refiere a la necesidad de mantener los niveles de ruido dentro de los límites establecidos por normativa, con el fin de garantizar la calidad de vida y la salud de los ciudadanos. Por otro lado, la fuerza neguentrópica aplicada implica la implementación del BRT como una medida de movilidad destinada a reducir la dependencia de los vehículos particulares, contribuyendo así con la disminución de los niveles de contaminación sonora y promoviendo una movilidad urbana más sostenible (ver figura 2).



**Figura 2.** Modelo EHN aplicado al estudio

**Fuente:** Elaboración propia.

Con la finalidad de obtener una representación más completa y precisa, se optó por considerar la variabilidad entre los días de la semana. Por lo tanto, se realizaron mediciones de ruido durante cuatro días diferentes del mes de mayo:

un día laborable (reflejando las actividades cotidianas de la población, tanto laborales como estudiantiles), un sábado y un domingo (representativos del fin de semana), y el día festivo del 15 de mayo, en el cual no hay actividades académicas. Para cada uno de estos días, se seleccionaron tres horarios distintos, coincidiendo con las horas pico: de 7:00 a 9:30 a.m., de 2:00 a 4:30 p.m. y de 6:00 a 8:30 p.m. Las fechas de muestreo fueron el 7, 11, 12 y 15 de mayo.

Se utilizó un sonómetro integrador de precisión CESVA SC260, mismo que se calibró empleando un calibrador acústico CESVA CB004 antes de iniciar las mediciones de ruido. El sonómetro se configuró en ponderación A, respuesta rápida y modo integrador, con escala de 37 a 130 dB(A). En cada una de las estaciones de muestreo se realizó una medición de 10 minutos, a una altura de 1.30 m. sobre el piso y a 3.5 m. de cualquier obstáculo como muros, postes, puentes, etc., tal como lo marca la norma ISO 1996-1:2016 (International Organization for Standardization, 2016). En cada una de las lecturas de ruido se registró el nivel sonoro continuo equivalente (LEQ), el nivel mínimo (Lmin) y el nivel máximo (Lmax). El sonómetro se colocó en un tripié especial para obtener la mejor lectura durante todas las mediciones, con orientación hacia el tráfico, como se muestra en la fotografía 2.



## Fotografía 2.

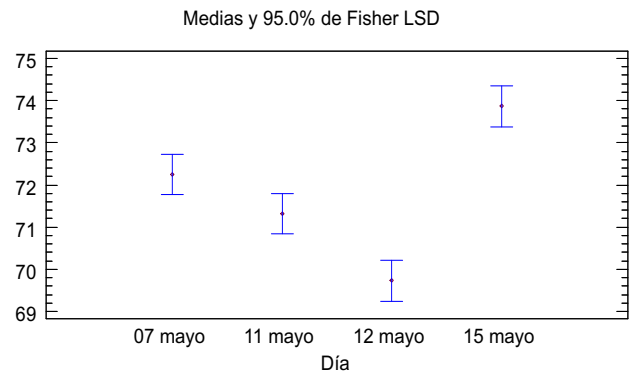
*Sonómetro sobre tripié midiendo niveles de ruido por tráfico vehicular en la estación de muestreo Fray Angélico.*

**Fuente:** Elaboración propia.

## Resultados

El análisis de los datos obtenidos se llevó a cabo en el programa STARGRAFIC® a través de un Análisis de Varianza multifactorial y tomando en cuenta el Nivel Sonoro Continuo Equivalente para comparar los valores promedio de cada una de las variables monitoreadas en los ocho sitios; dio como resultado que existen diferencias estadísticamente significativas para los factores de Día, Horario y Sitio ( $P < 0.05$ ). La diferencia

directa entre las interacciones de las variables fue en relación con el día y sitio. Se aplicó la prueba de rangos múltiples de acuerdo con el método de las diferencias menos significativas de Fisher para percibir las diferencias y agrupar los más parecidos. En el análisis del factor ruido, se encontró que existen tres grupos homogéneos distintos: 7 y 11 de mayo, en comparación con el 12 de mayo, y demostrando el nivel máximo registrado para el 15 de mayo siendo este día festivo (ver gráfica 1).

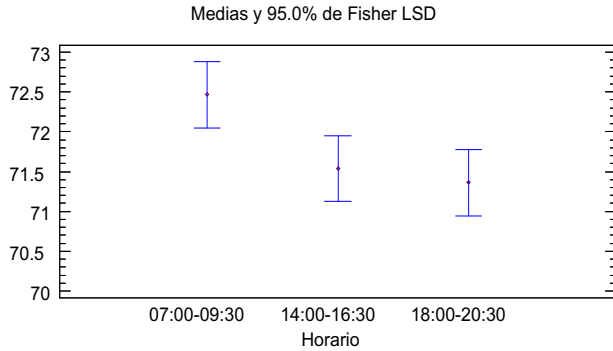


## Gráfica 1.

*Diferencia de medias entre los días de muestreo.*

**Fuente:** Elaboración propia.

En relación con los horarios pico, se observaron diferencias estadísticamente significativas en el período matutino (7:00 a 9:30 a.m.), donde se registraron niveles de ruido superiores a los 72 dB(A), contrastando con los otros dos horarios analizados. Estos resultados se respaldan mediante el procedimiento de la prueba de rangos múltiples, como se muestra en la gráfica 2.

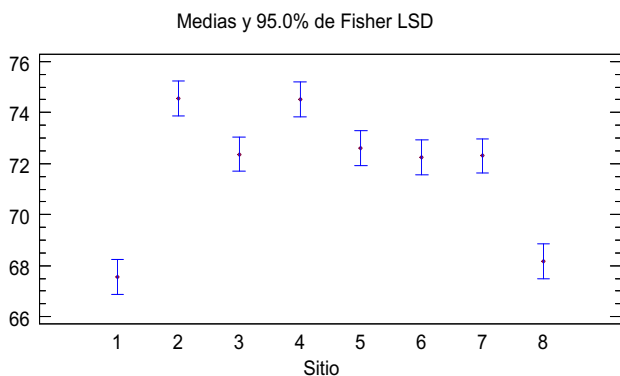


**Gráfica 2.**

*Prueba de rangos múltiples aplicada, tomando en cuenta los horarios pico.*

**Fuente:** Elaboración propia.

Las estaciones Clemente Orozco y Niños Héroes (sitios 2 y 4) destacan por registrar niveles de ruido superiores a 72 dB(A), mientras que Zona Industrial, San Juan de Dios, Ciencias de la Salud y San Patricio (sitios 3, 5, 6 y 7) también muestran niveles considerables, por encima de los 70 dB(A). Por otro lado, Fray Angélico y Mirador exhiben los niveles más bajos de intensidad, como se observa en la gráfica 3.



**Gráfica 3.**

*Diferencia de medias entre los sitios de muestreo.*

**Fuente:** Elaboración propia.

**Discusión**

En este estudio, nos centramos en analizar los niveles de ruido previos y posteriores a la implementación del primer medio de transporte tipo BRT en la ciudad de Guadalajara, Jalisco. Las mediciones recientes realizadas en puntos críticos a lo largo del corredor del Macrobús, demuestran que los promedios globales de ruido en las ocho estaciones de estudio se mantienen constantemente altos. Estos niveles de ruido superan significativamente las recomendaciones de la OMS (2022) para la exposición al ruido causado por el tráfico vehicular, establecidas en 53 dBA, así como la normativa mexicana NOM-081-SEMARNAT-1994 para zonas residenciales exteriores, fijada en 55 dBA.

Los datos actuales muestran un rango promedio de entre 65 y 80 dBA en las ocho estaciones de estudio en los cuatro días evaluados. Se observa que el día festivo registra los niveles de ruido más altos, mientras que los fines de semana, especialmente los domingos, presentan niveles más bajos. Se destaca también, que el horario matutino (7:00 a 9:00 a.m.) registra la mayor intensidad de ruido en comparación con los otros dos horarios pico. Finalmente, se encontró que seis de las estaciones de muestreo reportan valores superiores a los 70 dBA, siendo las estaciones ubicadas en los extremos del corredor del Macrobús las que presentan los niveles más bajos.

El análisis de ruido en el tramo del Macrobús, llevado a cabo como parte del Estudio de Impacto Ambiental (EIA) presentado por el OCOIT, revela valores extremos superiores a 90 dBA, con un

mínimo detectado de 79 dBA. Se establecen tres categorías para el ruido (aceptable, alto y excesivo), siendo la categoría de "excesivo" predominante tanto a lo largo del corredor como en su área de influencia. Esto subraya la gravedad del problema de ruido, reconocido como crítico en esta zona.

Al comparar los hallazgos de ruido encontrados entre los informes del EIA y los de la presente investigación, se observa que los niveles eran considerablemente más altos antes de la implementación del BRT. Esto podría atribuirse al inicio de algunas obras a lo largo del corredor del Macrobús (específicamente las del eje central) durante la realización del EIA, lo que pudo haber contribuido al ruido generado por maquinaria. Sin embargo, es importante destacar que los niveles de ruido siguen siendo elevados en la actualidad y que hasta la fecha las acciones para abordar esta problemática son mínimas o inexistentes.

También se dispone de registros sobre los niveles de ruido en sitios conflictivos del Área Metropolitana de Guadalajara (AMG), elaborados por Orozco-Medina entre 2003 y 2009, de los que se destaca el estudio piloto de contaminación por ruido sobre la Calzada Independencia, realizado antes de la construcción del Macrobús, donde se obtuvo un promedio de 84.7 dB. Otro estudio llevado a cabo en la zona centro de Guadalajara registró un promedio de 74.4 dB en las mediciones.

Queda demostrado que el tránsito vehicular y otras fuentes móviles, son las principales causas de contaminación ambiental debido al ruido que emiten. Los

datos previamente comparados ponen de manifiesto que el problema de ruido prevalece en el AMG; y a pesar de la abundancia de estudios y datos que lo respaldan, las acciones gubernamentales para abordarlo o mitigarlo han sido insuficientes. Es importante destacar que la sociedad juega un papel crucial en la concepción y percepción de la contaminación sonora, pues como bien lo señala la PAOT (2002) "La presencia de sonidos en el medio urbano es tan común en la vida cotidiana que nos hemos acostumbrado a ellos y difícilmente nos permite entender todas las consecuencias que pueden implicar".

## Conclusiones

La implementación del sistema BRT representa una estrategia neguentrópica para contrarrestar la entropía causada por el tráfico vehicular. Sin embargo, los resultados sugieren que el impacto en la reducción del ruido ha sido limitado, indicando la necesidad de medidas adicionales para alcanzar la homeostasis urbana.

Los niveles de ruido a lo largo del corredor siguen siendo considerablemente altos, incluso después de la implementación del sistema de transporte BRT. Los datos recopilados revelan que los niveles de ruido oscilan entre 65 y 80 dBA en las ocho estaciones de estudio, superando significativamente las recomendaciones de la OMS y la normativa mexicana para la exposición al ruido.

El análisis comparativo entre los informes del EIA y la presente investigación

muestra que los niveles de ruido eran aún más altos antes de la implementación del BRT. Esto sugiere que, a pesar de algunos esfuerzos, el problema de ruido persiste y se requieren políticas y medidas más efectivas para mitigar esta situación y mejorar la calidad de vida de los habitantes de la ciudad de Guadalajara, Jalisco.

Es necesario que el AMG siga avanzando en materia de movilidad y se fundamente en los principios de la sustentabilidad, los sistemas de transporte tipo BRT son una buena opción dada su tecnología y diseño, siempre y cuando su implementación en los entornos urbanos sea bien planeada, que se articule con los diferentes modos de transporte y atienda las necesidades de desplazamiento de la población, y se trabaje en conjunto gobierno, sociedad (consulta pública), empresas de transporte (públicas y privadas), para que su ejecución no se merme con intereses particulares o políticos.

Los resultados del estudio resaltan la necesidad de una planificación urbana y territorial más efectiva que incorpore estrategias de mitigación de ruido desde una perspectiva sistémica, asegurando un equilibrio entre la movilidad y la calidad de vida urbana.

## Referencias

- Aspirilla, Y., González, M., & García de Quevedo, F. (2018). Entropía en la periurbanización: desigualdad en el acceso a las infraestructuras de transporte en Tonalá, México. *Urbe. Revista Brasileira Gestão Urbana*, 10(3), 624-636. doi: 10.1590/2175-3369.010.003.A010
- Banco Interamericano de Desarrollo (BID). (junio, 2016). Transporte Urbano y Pobreza: Efectos de los Sistemas de Transporte Rápido de Autobuses Apoyados por el BID sobre la Movilidad y el Acceso en Cali y Lima. Recuperado de <https://publications.iadb.org/es/publicacion/17134/transporte-urbano-y-pobreza-efectos-de-los-sistemas-de-transporte-rapido-de>
- De Miguel, C., & Tavares, M., (Comps.). (2015). El desafío de la sostenibilidad ambiental en América Latina y el Caribe. Textos seleccionados 2012-2014. Santiago de Chile: CEPAL.
- Díaz, J. J., & Linares, C. (diciembre 2015). Efectos en salud del ruido de tráfico: Más allá de las "molestias". *Revista de Salud Ambiental*, 15(2), 121-131. Recuperado de <https://ojs.diffundit.com/index.php/rsa/article/view/709/714>
- Díaz, R. (2009). Compendio de la Planeación de Sistemas BRT, Memoria del Proyecto Macrobús. Vol. 1 Fundamentos. Centro Estatal de Investigación de la Vialidad y el Transporte (CEIT), Zapopan, Jalisco, México.
- Global BRT Data. (2019). Informes de los Sistemas de Autobús de Tránsito Rápido a nivel mundial, administrado por WRI-Brasil, producido por EMBARQ, en asociación con ITDP. Recuperado de <http://www.brtdata.org>
- International Organization for Standardization. (2016). ISO 1996-1:2016. Acoustics – Description measurement and assessment of environmental noise – Part1: Basic quantities and assessment procedures.
- Leo, A., Adame, S., & Jiménez J. (2012). Movilidad, sustentabilidad y combustibles de los sistemas de transporte rápido de autobús articulado en México [Ensayo]. *Interciencia*, 37(2), 154-160.
- Secretaría de Medio Ambiente y Desarrollo Territorial del Estado de Jalisco. (2010). Manual para la selección de guías para la elaboración de estudios de impacto ambiental. Recuperado de <https://semadet.jalisco.gob.mx/sites/semadet.jali>

[sco.gob.mx/files/manual\\_para\\_seleccion\\_de\\_guias\\_eia\\_1.pdf](http://sco.gob.mx/files/manual_para_seleccion_de_guias_eia_1.pdf)

Núñez, A. (2007). Diagnóstico de Contaminación Ambiental en un Área Crítica del Centro de la Ciudad de Guadalajara (Tesis de licenciatura). Universidad de Guadalajara, México.

Organismo Coordinador de la Operación Integral del Servicio de Transporte Público del Estado (OCOIT). (febrero, 2009). Estudio de Impacto Ambiental para la fase I del sistema de transporte masivo Macrobús (16km CUAAD – Fray Angélico). Documento proporcionado por Transparencia por la Secretaría de Medio Ambiente y Desarrollo Territorial (SEMADET) del Estado de Jalisco.

Orozco, M. (2018). Ruido Ambiental, caracterización y análisis. En M. G., Orozco (Ed.), Diagnóstico ambiental en Ciudades (pp. 149-178). Guadalajara, México: Prometeo.

Orozco, M. (2008). Elementos clave para la realización de estudios de Ruido Urbano. El Análisis del Ruido en Guadalajara. En A. Curiel (Coord.), Investigación Socioambiental, Paradigmas aplicados en Salud Ambiental y Educación Ambiental (pp. 161-182). México: Universidad de Guadalajara.

Orozco, G., Figueroa, A., García, J., Colima, S., López, O. & Hernández A. (enero 2009). Estudio piloto de contaminación por ruido en la Calzada Independencia de la Ciudad de Guadalajara para el Proyecto de Macrobús Línea 1. Universidad de Guadalajara, Jalisco, México.

Procuraduría Ambiental y del Ordenamiento Territorial del D.F. (2002). Contaminación por ruido y vibraciones: Implicaciones en la salud y calidad de vida de la población urbana. Recuperado de [https://www.academia.edu/17434948/Contaminacin\\_por\\_Ruido\\_y\\_Vibraciones\\_2002\\_2005\\_do\\_20\\_c](https://www.academia.edu/17434948/Contaminacin_por_Ruido_y_Vibraciones_2002_2005_do_20_c)

Quintero, J. (febrero 2013). El ruido del tráfico vehicular y sus efectos en el entorno urbano y la salud humana. Puente Revista Científica, 7(1), 93-99. doi: 10.18566/puente.v7n1.a10

Ramírez, A., & Domínguez, E. (diciembre, 2011). El ruido vehicular urbano: problemática agobiante de los países en vías de desarrollo. Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, 35(137), 509-530. Recuperado de <http://www.raccefyn.co/index.php/raccefyn/issue/view/187/263>

Rodríguez, D., & Vergel, E. (enero 2013). Sistemas de transporte público masivo tipo BRT (Bus Rapid Transit) y desarrollo urbano en América Latina. Land Lines. Recuperado de <https://www.lincolninst.edu/es/publications/articulos/sistemas-transporte-publico-masivo-tipo-brt-bus-rapid-transit-desarrollo>

Zamora, U., Campos, H., & Calderón, J. (2013). Bus Rapid Transit (BRT) en ciudades de América Latina, los casos de Bogotá (Colombia) y Curitiba (Brasil). Quivera Revista de Estudios Territoriales, 15(1), 101-118. Disponible en <https://quivera.uaemex.mx/article/view/9987>