

Contaminación Atmosférica e Hídrica en Argentina

Tomo VI

 VIII PROIMCA
VI PRODECA | 2022

 **UTN**
FACULTAD REGIONAL
VILLA MARÍA

 Secretaría de
**Ciencia,
Tecnología y
Posgrado**

 Programa de Medio Ambiente,
Contingencias y
Desarrollo Sustentable

Compilación: **Marcelo O. Cejas - Javier N. Gonella**



CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA E HÍDRICA EN ARGENTINA

TOMO VI

2022

Contaminación Atmosférica e Hídrica en Argentina : tomo VI / Gabriela Alejandra Abril ... [et al.] ; compilación de Javier Nicolás Gonella ; Marcelo Oscar Cejas. - 1a ed. - Ciudad Autónoma de Buenos Aires : edUTecNe, 2022.

Libro digital, PDF
Archivo Digital: descarga y online
ISBN 978-987-4998-93-4

1. Atmósfera. 2. Contaminación. 3. Contaminación Atmosférica. I. Abril, Gabriela Alejandra. II. Gonella, Javier Nicolás, comp. III. Cejas, Marcelo Oscar, comp.

CDD 577.276



Universidad Tecnológica Nacional – República Argentina

Rector: Ing. Rubén Soro

Vicerrector: Ing. Haroldo Avetta

Secretaría Cultura y Extensión Universitaria: Ing. Federico Olivo Aneiros



Universidad Tecnológica Nacional – Facultad Regional Villa María

Decano: Ing. Norberto Gaspar Cena

Vicedecano: Ing. Franco Martín Salvático



edUTecNe – Editorial de la Universidad Tecnológica Nacional

Coordinador General a cargo: Fernando Cejas

Dirección General: Mg. Claudio Véliz

Dirección de Cultura y Comunicación: Ing. Pablo Lassave

Queda hecho el depósito que marca la Ley Nº 11.723

© edUTecNe, 2022

Sarmiento 440, Piso 6 (C1041AAJ)

Buenos Aires, República Argentina

Publicado Argentina – Published in Argentina



ISBN 978-987-4998-93-4



Reservados todos los derechos. No se permite la reproducción total o parcial de esta obra, ni su incorporación a un sistema informático, ni su transmisión en cualquier forma o por cualquier medio (electrónico, mecánico, fotocopia, grabación u otros) sin autorización previa y por escrito de los titulares del copyright. La infracción de dichos derechos puede constituir un delito contra la propiedad intelectual.

ACTUALIZACIÓN DE LA EVALUACIÓN Y ANÁLISIS DE LA EFECTIVIDAD PARA MITIGAR LA CONTAMINACIÓN SONORA DEL PARQUE O’HIGGINS DE LA CIUDAD DE MENDOZA-ARGENTINA

Boschi, César E.¹; Martínez, Claudia F.² y Robles, María C.³

1: Laboratorio de Acústica – CEREDETEC - UTN Facultad Regional Mendoza
Rodríguez 273, Mendoza, Argentina
cboschi@utn.frm.edu.ar

2: INAHE - Instituto de Ambiente, Hábitat y Energía- CCT CONICET MENDOZA
Av. Ruiz Leal s/n Parque Gral. San Martín, Mendoza, Argentina
cmartinez@mendoza-conicet.gob.ar

3: Maestría en Desarrollo Sustentable del Hábitat Humano - UTN Facultad Regional Mendoza
Rodríguez 273, Mendoza, Argentina
maritarobles@yahoo.com.ar

Resumen. *La contaminación sonora constituye uno de los factores que deterioran la calidad ambiental de las ciudades, su habitabilidad y la productividad de sus habitantes. Una estrategia viable para mitigar este tipo de contaminación son las barreras acústicas, entre ellas las naturales como son los parques urbanos. Éstos se consideran pantallas vegetales antirruido que aportan adicionalmente otros beneficios ambientales. En un primer estudio (enero 2014) se cuantificaron los niveles de presión sonora dentro y en las inmediaciones del Parque O’Higgins de la ciudad de Mendoza-Argentina. Se analizaron las características físicas y de diseño del mismo, para determinar su eficiencia como barrera de mitigación del ruido y lograr una mejora de la calidad ambiental del entorno. Se midieron niveles de presión sonora en cuatro períodos del día y tres sectores del parque mediante registros estacionales durante verano e invierno. A partir de dichos datos se calcularon distintos indicadores acústicos. La vegetación se caracterizó mediante relevamientos y mediciones dasométricas. En 2017 la Municipalidad de la Ciudad llevó adelante un proyecto de remodelación del parque, interviniendo 68.300 m² de la superficie del predio con el objetivo de lograr una mayor accesibilidad, seguridad y potenciar su uso recreativo. Desde el punto de vista de la vegetación fueron removidos bosquecillos y erradicadas numerosas especies arbóreas adultas, que luego fueron reemplazadas por otros ejemplares jóvenes. El objetivo de este trabajo es actualizar la evaluación de la efectividad del Parque en su condición actual, como barrera para mitigar la contaminación sonora. Las nuevas mediciones (enero 2020) indican que los niveles sonoros promedios decrecen en dos de los tres sectores evaluados del Parque menos en comparación con las primeras mediciones. Se encontraron diferencias entre el estudio anterior y las mediciones posteriores a la remodelación, disminuyendo su efecto mitigador.*

Palabras clave: Barreras Vegetales, Ruido, Vegetación Urbana, Contaminación Sonora, Parques Urbanos

1. INTRODUCCIÓN

Los niveles de ruido ambiental en entornos urbanos son cada vez mayores debido principalmente al aumento del tráfico vehicular. La Unión Europea (2002) ha emitido una directiva sobre ruido ambiental unificando criterios para las normativas existentes en los países miembros y requirió a los mismos localizar las zonas de contaminación acústica para reducir sus niveles mediante planificaciones a corto, mediano y largo plazo. Esto como consecuencia demuestra que un porcentaje considerable de la población está expuesta a niveles elevados de ruido, según es indicado por el Parlamento Europeo (2017). La Organización Mundial de la Salud (OMS) recomienda un límite de ruido en exteriores de 55 dB(A) en el día y 40 dB(A) en la noche. Actualmente en Argentina el ruido ambiental constituye un problema grave y creciente que afecta diariamente a las personas que residen y desarrollan sus actividades laborales en entornos urbanizados. Esta situación también se repite en la provincia de Mendoza principalmente en su ciudad capital, siendo un problema crítico con tendencia a agudizarse.

Una estrategia positiva y eficaz para reducir los niveles sonoros en vías de alto flujo vehicular es la implementación de barreras acústicas. Éstas pueden ser elementos inertes o naturales, como es el caso de las pantallas vegetales conformadas por la vegetación urbana distribuida en el arbolado en alineación de calles o los espacios verdes, plazas o parques (Baldauf, 2017; Robles et al., 2019).

La vegetación urbana actúa como moderador de la contaminación sonora y es considerada una estrategia de control denominada “barrera antirruido natural” que aporta adicionalmente todos sus beneficios ambientales como servicios ecosistémicos (Nowak et al., 2014; Tong et al., 2016). Entre ellos, las estructuras verdes –recomendables de 12 m² de área verde/habitante distribuidos en relación con la densidad de población (FAO, 2019)- permiten atenuar los ruidos producidos por la dinámica de la ciudad mediante el efecto de bloqueo. Además, aportan sonidos naturales generados por el movimiento del viento en la vegetación y mayor presencia de avifauna, que permiten enmascarar el ruido urbano logrando hacer más tolerable la contaminación acústica.

En numerosas ciudades es abundante la información sobre la temática (Hagler et al., 2012; Dzhambov y Dimitrova, 2015). Para el caso de la ciudad de Mendoza es incipiente la información sistematizada en cuanto al diagnóstico de ruidos y la eficacia de los elementos de control. Los antecedentes indican que el rango de ruido detectado en varios sectores es excesivo y supera en 30 dB(A) los valores recomendados por la OMS (Muñoz Vargas y Gutiérrez, 2007; Boschi et al., 2021).

Para profundizar este diagnóstico se eligió como caso de estudio el Parque O'Higgins de la ciudad de Mendoza. En un primer estudio (enero 2014) se cuantificaron los niveles de presión sonora dentro del mismo y en sus inmediaciones. En 2017 la Municipalidad de la Ciudad realizó la remodelación del parque con el objetivo de lograr una mayor accesibilidad, seguridad y potenciar su uso recreativo. Las obras implicaron la remoción de bosquecillos y la erradicación de numerosas especies arbóreas adultas, que luego fueron reemplazadas por otros nuevos ejemplares. El objetivo de este trabajo es actualizar la evaluación de la efectividad del parque como barrera para mitigar la contaminación sonora, de modo de comparar las mediciones efectuadas inicialmente en 2014, respecto de su condición actual.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Descripción de la zona de estudio

La ciudad de Mendoza (32° 52' 57" LS y 68° 49' 19" LW) inserta en la diagonal árida de Argentina, presenta un modelo urbano del tipo abierto cuya habitabilidad térmica, energética y ambiental dependen estrictamente de la presencia de la vegetación urbana estratégicamente distribuida en calles, parques, plazas y demás espacios verdes (Cantón y Martínez 2009). El Parque O'Higgins con una superficie de nueve hectáreas forma parte del conjunto de espacios verdes del Área Metropolitana de Mendoza (AMM). Es un sector histórico de la ciudad y consolidado en cuanto a diseño y edad de las especies. En la actualidad se encuentra inserto en la trama urbana y con un eficiente comportamiento térmico. Desde el punto de vista morfológico presenta un desarrollo lineal (800 m de largo y 200 m de ancho) con un eje central definido por una estructura abovedada conformada por árboles añosos de *Fraxinus americana* y *Fraxinus excelsior* (fresnos). La cobertura vegetal en el año 2014 estaba integrada además, por masas boscosas de diversas especies, con baja proporción de prados abiertos en relación a los bosques y grupos laterales de arbustos distribuidos hacia los bordes. No obstante, la cobertura vegetal fue diezmada durante la remodelación, dado la sustracción de masas boscosas y el recambio forestal por especies jóvenes (Ruiz y Correa, 2015; Fernández Assumma et. al, 2021). El parque limita con la Avenida Gobernador Videla, el principal acceso desde el norte hacia el centro de la ciudad. La avenida tiene constante e intenso tránsito que constituye una fuente de ruido permanente para las construcciones al oeste del parque (Fig.1).

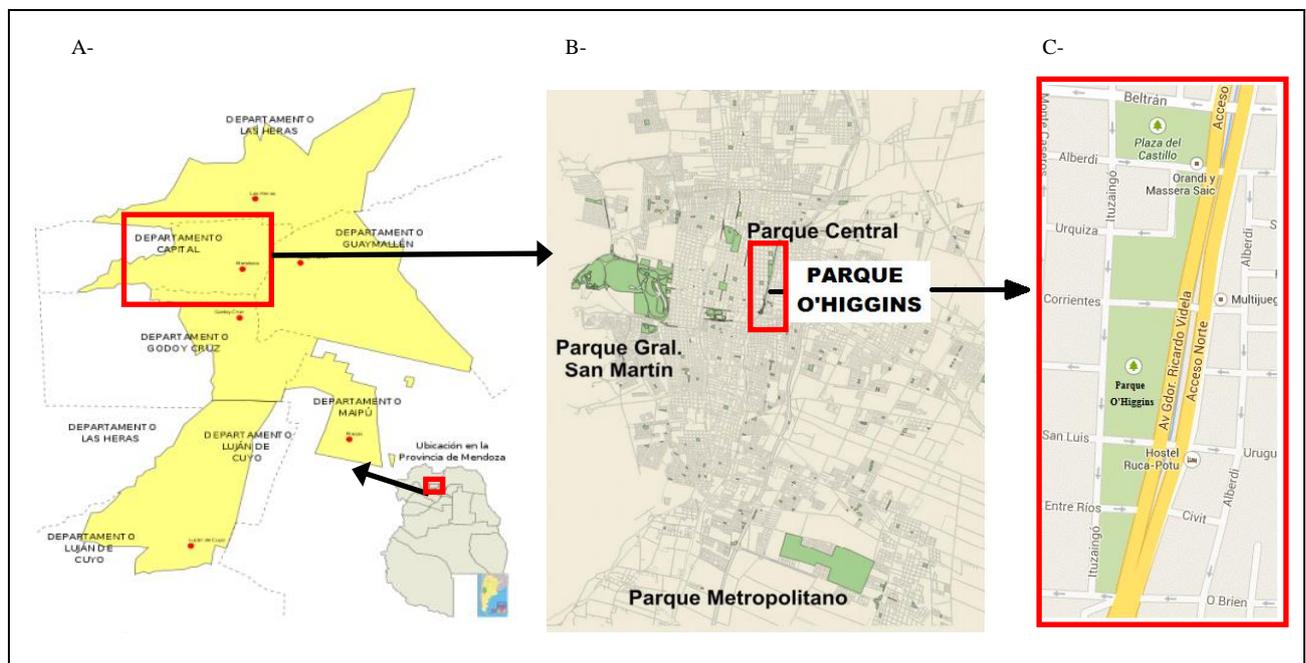


Figura 1. A- Área de estudio dentro del AMM. B- Ubicación del Parque O'Higgins. C- Detalle de la extensión del parque. Fuente: Wikipedia y Google Maps. Adaptado por los autores.

2.2. Diseño experimental y caracterización de la vegetación

El diseño experimental plantea la realización de mediciones del ruido in situ. Se midieron

niveles de presión sonora en cuatro períodos del día y tres sectores del parque mediante registros estacionales durante verano e invierno (campañas 2014 y 2020). Para cada sector (1, 2, 3) se tomaron tres puntos de medición georreferenciados: a) en la cercanía de la fuente de ruido, b) centro del sector, y c) en la cercanía del receptor (Fig. 2).

A partir de los datos registrados se calcularon distintos indicadores acústicos. Se analizaron también las características físicas y de diseño del parque, y la vegetación se caracterizó mediante relevamientos y mediciones dasométricas.

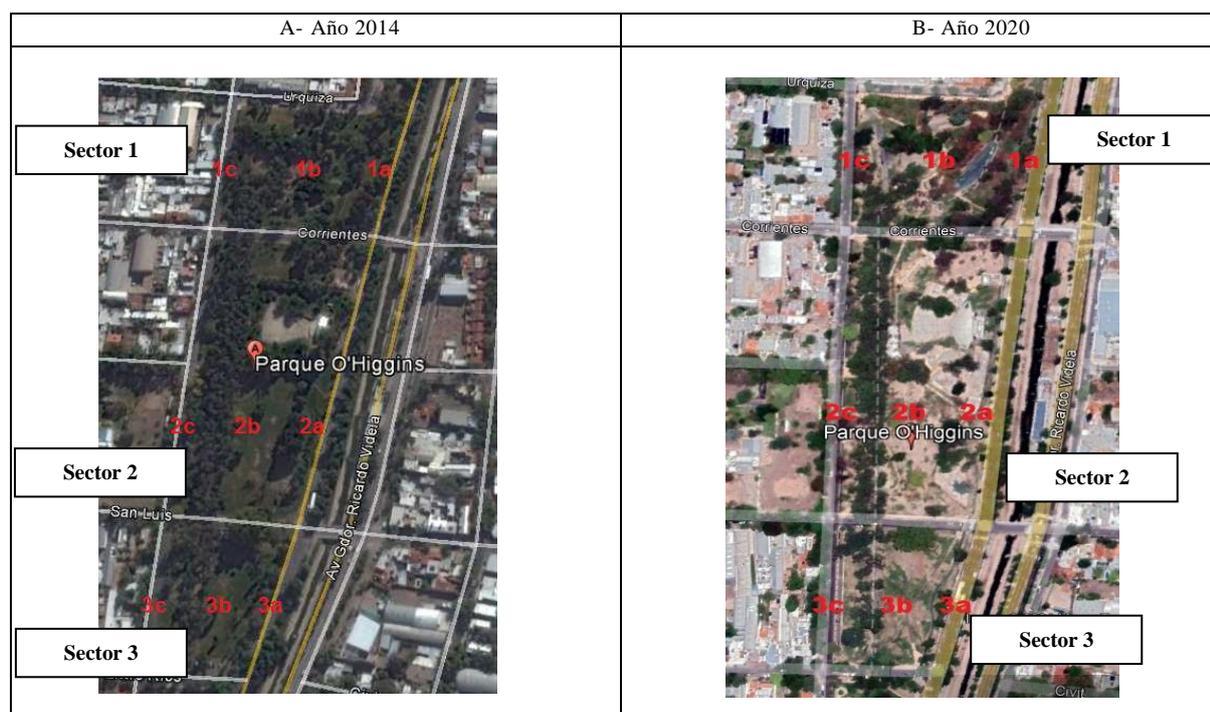


Figura 2. Vista del área de estudio del Parque O'Higgins: A-2014; B-2020. Fuente: Google Earth y archivo del autor 2014 y 2020

Para los tres sectores seleccionados se realizó la caracterización vegetal mediante relevamientos cuali-cuantitativo. Se identificaron las especies, se determinaron las características morfológicas y los atributos que reúnen en función de contribuir eficazmente en la mitigación del ruido. Para la caracterización vegetal se aplicaron métodos dasométricos de medición a campo y de cálculo en gabinete.

2.3. Procedimiento de medición sonora

El protocolo de mediciones acústicas seguido incluyó: medición de condiciones atmosféricas previas al registro de niveles de presión sonora, medición de los mismos y registro simultáneo en los puntos seleccionados para cada sector. La sistematización de los registros obtenidos se realizó mediante indicadores de niveles sonoros: nivel sonoro continuo equivalente L_{eq} ; niveles percentiles L_{10} , L_{50} , L_{90} y moda; nivel mínimo L_{min} y nivel máximo L_{max} con ponderación A.

El equipamiento utilizado constó de: sistema de posicionamiento global (GPS) marca Garmin modelo Legend Etrex, medidor de nivel sonoro portátil marca Extech Instruments modelo 407762 CLASE II, calibrador acústico marca Extech Instruments modelo 407769 según norma IEC942 tipo 2, termómetro digital marca Brymen modelo BM815,

anemómetro marca Lutron modelo LM-8000, pantalla antiviento (para proteger el micrófono de velocidades en el rango de 3 a 5 m/s y evitar un aumento ficticio de los niveles medidos), y trípode Benro modelo T800EX (Fig. 3).



Figura 3. Equipos de medición sonora.

Las mediciones acústicas y el conteo vehicular se efectuaron en días laborales para considerar el tránsito frecuente, durante enero de 2014 y se repitieron en enero de 2020, para registrar la incidencia de las modificaciones llevadas a cabo por el municipio. Al comienzo de cada medición se registra hora de inicio y distancia desde el punto a la fuente de emisión. Se tomaron lecturas a intervalos de tiempo de 10 segundos durante lapsos de 15 minutos, lo cual totaliza 90 registros por punto cada vez. A lo largo de un día de medición y para todos los puntos se totalizaron 3240 registros. Las franjas horarias establecidas fueron:

- Franja Matutina: de 08:00 a 09:00 hs. (mañana) y de 12:30 a 13:30 hs. (mediodía)
- Franja Vespertina: de 17:30 a 18:30 hs. (tarde) y de 20:30 a 21:30 hs. (noche)

El flujo vehicular se contabilizó también en las cuatro franjas horarias, en los tres puntos colindantes a la Avenida Gobernador Videla, en forma simultánea a las mediciones de niveles de presión sonora, a fin de correlacionar la incidencia del flujo del tránsito con los niveles sonoros registrados

2.4. Sistematización y cálculo de indicadores de niveles sonoros

A partir de los valores registrados in situ se calculó el indicador Nivel Sonoro Continuo Equivalente para cada punto, según las fórmulas especificadas en la Norma IRAM 4062 (IRAM, 2016). Mediante procesamiento estadístico se obtuvo los restantes indicadores de presión sonora. Los niveles medidos in situ en cada punto fueron también estimados calculando la atenuación del ruido de tráfico irradiado por una línea de vehículos de motor que circula sobre una autopista (Harris, 1998). Para este cálculo, se tuvo que incluir el término adicional “Atenuación total debido a todos los aportes” (ISO 9613-2, 1996).

3. RESULTADOS

Se presentan a continuación los resultados obtenidos en los tres sectores seleccionados del parque, considerando el relevamiento vegetal y los niveles sonoros medidos.

3.1. Caracterización y diagnóstico de la vegetación

Inicialmente (2014) en los tres sectores evaluados se relevó un total de 287 individuos pertenecientes a 44 especies. Para los distintos sectores, la representatividad porcentual de

especies caducas variaba entre 64 % a 84 %, mientras que, para perennes, la variación estaba en el orden del 16 % al 36 %. Del total de especies relevadas, del 93 al 99 % son exóticas, con un bajo porcentaje de nativas. Es decir, se observó mayor cantidad de especies exóticas y del tipo caducas en todos los sectores.

El 74 % de los árboles identificados se agrupan en cinco especies de segunda magnitud forestal, 20 % corresponden a ocho especies de primera magnitud y 6 % corresponde a la tercera magnitud.

Para los tres sectores *Fraxinus excelsior* “fresno europeo” es la especie más abundante para la categoría árboles dado que constituye la alineación de árboles que enmarca el sendero central del parque en toda su longitud.

Comparativamente el porcentaje de arbustos es considerablemente menor, siendo el sector 2 el que poseía mayor presencia. Los valores observados indican un alto porcentaje de especies caducifolias. Sólo el sector 1 manifiesta el mayor valor de perennes (36 %). El cálculo del volumen vegetativo realizado teniendo en cuenta las masas de vegetación seleccionadas para cada sector y tomando una altura de copa promedio de seis metros, muestra que el sector 2 es el que presentaba mayor volumen de vegetación.

Para cada sector las mediciones dasométricas representativas indican que la mayoría de los árboles son ejemplares de segunda magnitud forestal de *Fraxinus excelsior*, con una relación tronco-copa (T/C) = 1/4 y un volumen vegetativo de 730 m³ a 1030 m³.

Los arbustos de los distintos sectores se encuentran distribuidos en forma aislada y son de tercera magnitud, con una relación T/C = 1/2 y un volumen vegetativo de 38 m³ a 95 m³.

El relevamiento realizado en 2020 muestra la remoción y reducción del estrato arbóreo y una reducción de la cobertura vegetal, en particular en el sector 2 como se observa en la (Fig. 4). Entre las masas vegetales de importancia que fueron removidas se puede nombrar el cerco verde que rodeaba el teatro Gabriela Mistral, el espacio boscoso donde ahora se implanta un skate-park y juegos infantiles. Si bien son abundantes los ejemplares arbóreos (moreras, fresnos, eucaliptos, álamos, etc.) que alcanzan su máxima expresión vegetativa, en relación con el césped, y que define áreas predominantemente sombreadas, la erradicación de especies y las áreas de recambio forestal de árboles adultos por jóvenes disminuyen la cobertura forestal en forma significativa (Fernández Assumma et al., 2021).

	AÑO 2014	AÑO 2020
Sector 1		

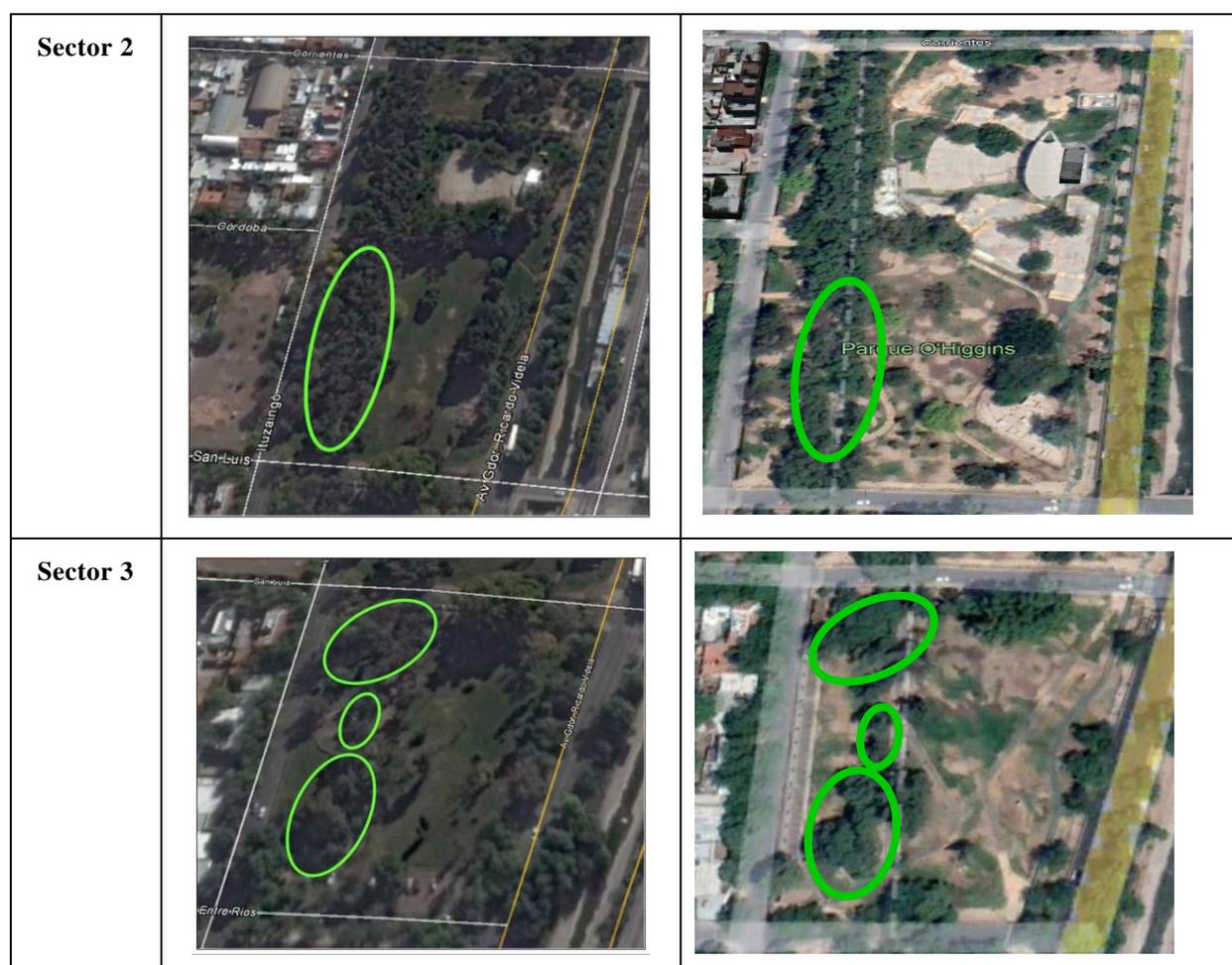


Figura 4. Disminución de la cobertura forestal del Parque desde 2014 a 2020. Fuente: Google Earth y archivo del autor 2014 y 2020

3.2. Resultados de las mediciones sonoras

Para analizar las mediciones sonoras se ha considerado la cantidad de vehículos contabilizada en los puntos más cercanos a la avenida (punto a). Los resultados obtenidos en los correspondientes sectores se presentan en la Tabla 1. Se observa que la mayor cantidad de vehículos corresponde a la categoría de autos-utilitarios.

Tabla 1: Conteo vehicular Enero 2020

Tipo de vehículo	SECTOR 1		SECTOR 2		SECTOR 3	
	%	cantidad	%	cantidad	%	cantidad
Autos y utilitarios	88,12	1.239	90,41	1330	87,68	1338
Camiones y ómnibus	3,34	47	3,06	45	3,74	57
Motos	8,53	120	6,53	96	8,58	131

Los resultados del indicador de niveles sonoro equivalente (L_{eq}) en 2014 y 2020 para cada punto, sector y franjas horarias, se observan en la Tabla 2.

Tabla 2. Indicadores de niveles sonoros de 2014 y 2020 en los puntos de cada sector.

SECTOR 1							
Franja Horaria	Indicador	Puntos de Medición					
		1 a		1 b		1 c	
		2014	2020	2014	2020	2014	2020
		[dB (A)]	[dB (A)]	[dB (A)]	[dB (A)]	[dB (A)]	[dB (A)]
Mañana	L_{eq}	72,0	72,2	58,9	57,9	55,6	56,5
Mediodía	L_{eq}	71,6	71,6	57,0	56,7	53,5	56,4
Tarde	L_{eq}	72,3	70,7	59,1	56,8	55,3	56,3
Noche	L_{eq}	72,1	70,4	58,1	59,6	53,2	55,0
SECTOR 2							
Franja Horaria	Indicador	Puntos de Medición					
		2a		2b		2c	
		2014	2020	2014	2020	2014	2020
		[dB (A)]	[dB (A)]	[dB (A)]	[dB (A)]	[dB (A)]	[dB (A)]
Mañana	L_{eq}	72,9	70,9	60,3	59,5	58,8	57,1
Mediodía	L_{eq}	73,7	70,1	57,8	56,5	55,4	57,0
Tarde	L_{eq}	72,6	68,9	57,7	59,4	54,9	57,2
Noche	L_{eq}	71,9	69,6	56,9	58,5	54,1	56,6
SECTOR 3							
Franja Horaria	Indicador	Puntos de Medición					
		3a		3b		3c	
		2014	2020	2014	2020	2014	2020
		[dB (A)]	[dB (A)]	[dB (A)]	[dB (A)]	[dB (A)]	[dB (A)]
Mañana	L_{eq}	74,0	72,9	62,0	59,2	56,7	57,5
Mediodía	L_{eq}	74,0	72,1	61,2	58,5	57,7	57,8
Tarde	L_{eq}	72,9	72,2	62,0	58,6	56,8	57,3
Noche	L_{eq}	73,1	72,6	62,3	56,7	57,0	57,0

Examinando la similitud de valores de niveles sonoros equivalentes en las diferentes franjas horarias, la figura 5 muestra los valores promedio de los mismos para cada punto de medición del sector correspondiente, para las dos campañas de medición. El análisis indica valores mayores para el año 2020 en el punto c de los sectores 1 y 2 con respecto al año 2014, la excepción se presenta en el sector 3, en correspondencia con la menor intervención en la vegetación de ese sitio.

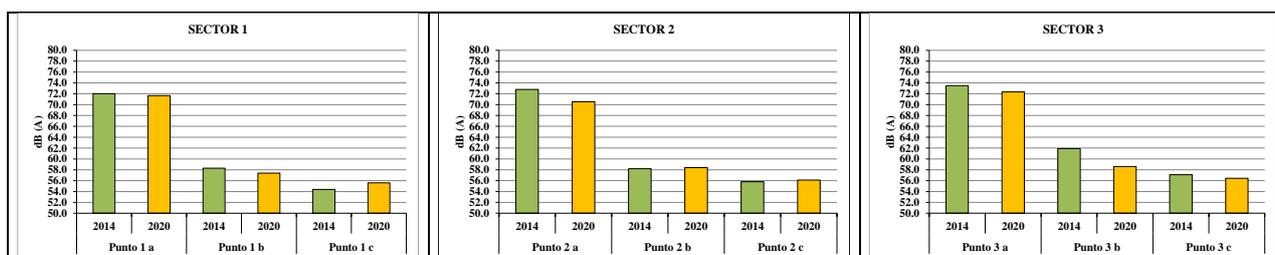


Figura 5. Comparación de los Niveles de Presión Sonora Promedio 2014 y 2020 en cada punto de medición.

Fuente: Archivo personal del autor.

Como se ha mencionado previamente, los niveles sonoros en cada punto fueron estimados calculando la atenuación del ruido de tráfico cuando se propaga en un espacio abierto. Estos niveles sonoros (L_{eq} calculado) se presentan en la Tabla 3 junto a los niveles sonoros medidos in situ (L_{eq} medido).

Tabla 3. Comparación de niveles de presión sonora medidos in situ y calculados en gabinete.

Nivel de presión sonora promedio [dB(A)]									
Sector	1			2			3		
Puntos de medición	1a	1b	1c	2a	2b	2c	3a	3b	3c
VERANO 2014									
R: distancia (m)	7,5	75	164	7,5	64	136	7,5	51	111
L_{eq} medido [dB(A)]	72	58,3	54,4	72,8	58,2	55,8	73,5	61,9	57,1
L_{eq} calculado [dB(A)]	72	57,2	52,9	72,8	58,8	54,8	73,5	60,8	56,6
$A_{tot Med}$ [dB(A)]		13,7	17,6		14,6	17		11,6	16,4
$A_{tot Calc}$ [dB(A)]		14,8	19,1		14	18		12,7	16,9
Dif. Atenuación [dB(A)]			1,5			1			0,5
VERANO 2020									
R: distancia (m)	7,5	75,0	164,0	7,5	64,0	136,0	7,5	51,0	111,0
L_{eq} medido [dB(A)]	71,6	57,4	55,6	70,5	58,4	56,1	72,3	58,6	56,4
L_{eq} calculado [dB(A)]	71,6	57,2	53,3	70,5	56,9	53,1	72,3	59,9	55,9
$A_{tot Med}$ [dB(A)]		14,3	16,0		12,1	14,4		13,7	15,9
$A_{tot Calc}$ [dB(A)]		14,5	18,3		13,7	17,4		12,5	16,4
Dif. Atenuación [dB(A)]			2,3			3			0,5

Al igual que en el año 2014, en el año 2020 se observa que en todos los sectores existe correlación entre los valores medidos y los calculados. En los sectores 1 y 2 los valores medidos en el punto c resultan ser mayores que los valores medidos en el año 2014. En el sector 3 no ocurre lo mismo, ya que presenta un valor medido menor. Se infiere que este resultado responde a la menor intervención por obras de remodelación.

4. DISCUSIÓN

En zonas urbanas de elevado tránsito vehicular como el caso estudiado, las barreras acústicas del tipo natural o vegetal (espacios verdes) constituyen una estrategia viable para mitigar los elevados niveles sonoros. Su presencia permite además conseguir adicionalmente todos los beneficios ambientales que aportan.

La implementación de dichas barreras en otros países es frecuente para el control del ruido en la etapa de propagación (Hui Di et al, 2018). En la ciudad de Mendoza, como en el resto de la provincia en general, se observa un constante aumento del parque automotor en la última década. La cercanía de zonas residenciales respecto de arterias con elevado flujo

vehicular -condición de la Avenida Gobernador Videla- hace necesario considerar la función del Parque O'Higgins como protección acústica.

El nivel de ruido registrado en la zona excede los límites referidos por Hurlley (2009) y recomendados por la OMS para el micro y macrocentro de la ciudad, registrando en las distintas franjas horarias valores promedio de 70 a 75 dB(A).

La realización in situ de la evaluación de la eficiencia del Parque O'Higgins como barrera acústica y los diagnósticos previos de la ciudad de Mendoza, permiten tener un mapa de ruidos que manifiesta el alto nivel de contaminación acústica debido principalmente al flujo vehicular (Muñoz Vargas y Gutiérrez, 2007); Robles et al., 2019).

En este sentido, el diagnóstico de la contaminación acústica, la evaluación del comportamiento de los espacios verdes como pantallas antirruído y las estrategias de mitigación de la contaminación sonora, contribuyen positivamente a la sustentabilidad ambiental del hábitat construido y en particular de una ciudad como Mendoza, en activo proceso de crecimiento y densificación. En el contexto analizado durante 2014, la incidencia de la vegetación del parque O'Higgins para mitigar o enmascarar la contaminación sonora resultó acotada según los valores de nivel de presión sonora obtenidos.

Según la hipótesis de trabajo, la presencia del parque O'Higgins dentro de la trama consolidada de la ciudad y colindante a una arteria de alto flujo vehicular, puede comportarse como una barrera eficaz que mitiga la contaminación sonora del entorno de ese espacio verde. El mayor efecto de amortiguación de ruidos se evidencia significativamente en el sector denominado como "2" dado que presenta un mayor volumen de vegetación.

No obstante, las tareas de remodelación y modernización del parque -durante el período de obras en 2017-, implicaron la tala y erradicación de árboles junto con el reemplazo de la vegetación para añadir pistas de uso recreativo -skate park y parkour-. Estas incorporaciones demandaron el sellamiento del suelo, resultantes en actividades de impacto negativo en la estructura boscosa del parque. También se realizó la remoción de ciertos bosquecillos y la corta de árboles adultos para ser reemplazados por ejemplares jóvenes, que disminuyeron la biomasa del predio y, en consecuencia, alteraron la eficacia del parque como barrera antirruído. La disminución de cobertura vegetal ha generado un impacto altamente sinérgico debido a su relación con factores físicos como suelo, aire y agua, y en este caso particular, también con el ruido (Fernández Assumma et al., 2021).

A pesar de las recomendaciones realizadas, previas a la ejecución del proyecto de remodelación del parque, y en función de aumentar su potencial como barrera natural antirruído, se duda de una apropiada selección de especies. Si bien para la reforestación ha primado el uso de especies nativas de bajo requerimiento hídrico adaptables a la zona árida donde vegetarán, las mismas no responden a la condición de especies perennifolias. Esta tipología permitiría aumentar la biomasa y contar con presencia permanente de follaje, de modo tal de conseguir una mayor eficacia del parque como barrera de control sonoro a lo largo de todo el año y favorecer los beneficios ambientales, en concordancia con lo sugerido por Nowak, (2014) y Baldauf, (2017).

5. CONCLUSIONES

- El proyecto de remodelación del parque iniciado en 2017 por el municipio en 68.300

m² de superficie del predio tuvo el objetivo de lograr una mayor accesibilidad al sitio, dar mayor seguridad a los residentes y usuarios del mismo, y potenciar su uso recreativo dado que los alrededores son considerados una zona urbana deprimida. Estas obras implicaron la remoción de bosquecillos y la erradicación de numerosas especies arbóreas adultas, a cambio de la plantación de ejemplares jóvenes. El desarrollo de mediciones de presión sonora ha ofrecido la posibilidad de calcular los indicadores acústicos y diagnosticar la capacidad del Parque O'Higgins de mitigar la contaminación sonora, antes y después de su remodelación. Junto con el análisis del diseño del parque, la distribución de su vegetación y el conocimiento del tipo de especies existentes, se obtuvo una caracterización acústica completa.

- La caracterización vegetal en 2014 muestra una mayor cantidad de especies caducas (64-84 %) y de origen exótico (95 %) cuando una mayor proporción de especies perennifolias con follaje presente a lo largo de todo el ciclo anual lograría una mitigación uniforme del ruido.
- El análisis de la disposición y el cálculo volumétrico de las nubes de vegetación muestra que el sector 2 es el que poseía el mayor volumen vegetativo con una distribución tal que le otorgaba mayor eficiencia en la atenuación de ruidos. Luego de la remodelación del parque en 2020, dicha biomasa se vio diezmada significativamente, aunque se reforestó con especies jóvenes pero que no cuentan aún con una biomasa suficiente para actuar como pantalla antirruído.
- Como se puede apreciar en la Tabla 4, la diferencia entre los niveles de atenuación medidos y calculados en los sectores 1 y 2 fueron inferiores en 2014 respecto de los medidos y calculados en 2020, excepto en el sector 3 en donde la diferencia de los niveles de atenuación se mantuvo igual. Esto es coherente con el hecho que en los sectores 1 y 2 es donde se removió el mayor volumen de vegetación. Aplicando la Ley de las Distancias, la correlación encontrada indica que los valores medidos son confiables en el sentido de que no hay errores de medición y/o registro, como así tampoco se han medido niveles sonoros extraños al objetivo del estudio.
- Si bien debe reconocerse que la renovación del Parque ha significado impactos positivos desde el punto de vista social, como es el mayor uso recreativo y cultural del espacio público, la remoción y reducción del estrato arbóreo y la cobertura vegetal incidieron en forma negativa en la función que cumple el parque como barrera natural antirruído. La realización de un Estudio de Impacto Ambiental -EsIA- previo al inicio de las obras, hubiera permitido disminuir los impactos negativos de su remodelación.

6. BIBLIOGRAFÍA

Baldauf, R. (2017). Roadside vegetation design characteristics that can improve local near-road air quality. *Transp. Res. D.*, 52 (11), 354-361. DOI: 10.1016/j.trd.2017.03.013

Boschi, C., Martínez, C., Robles, M. (2021). Propuesta metodológica para evaluar la mitigación de la contaminación sonora por parte de los espacios verdes urbanos. Caso del Área Metropolitana de Mendoza. XI Encuentro de Investigadores y Docentes de Ingeniería. EnIDI 2021. Los Reyunos, San Rafael, Mendoza, Argentina.

Cantón, M.A, Martínez, C.F. (2009). Sustentabilidad del bosque urbano en zonas áridas. Análisis y

- diagnóstico de la condición de las arboledas en Mendoza-Argentina. Memorias. VI Congreso Ibero-Americano de Parques y Jardines Públicos. Póvoa de Lanhoso, Portugal. 24 al 26 junio 2009. CD-ROM.
- Dzhambov, A. y Dimitrova, D. (2015). Green spaces and environmental noise perception. *Urban Forest. Urban Green*, 14 (4), 1000-1008. DOI: 10.1016/j.ufug.2015.09.006
- FAO (2019). Web: <https://www.fao.org/sustainable-forest-management/toolbox/modules-alternative/urban-periurban-forestry/basic-knowledge/es>
- Fernández Assumma, F., Martínez, C., Cantón, M. (2021). Estudio de impacto ambiental del parque O'Higgins de la ciudad de Mendoza, luego de su remodelación. *ASADES 2021. Revista Averma*, 25,72-84. ISSN 978-950-42-0150-2.
- Hagler, G., Lin, M., Khlystov, A., Baldauf, R., Isakov, V. y Faircloth, J. (2012). Field investigation of roadside vegetative and structural barrier impact on near-road ultrafine particle concentrations under a variety of wind conditions. *Sci. Total Environ*, 419, 7-15. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2011.12.002
- Harris, C. (1998). *Manual de medidas acústicas y control del ruido*. Madrid, España: MacGraw-Hill.
- Hui Di, Xingpeng, Liu, Jiquan Zhang, Zhijun Tong, Meichen Ji, Fengxu Li, Tianji Feng, Qing Ma. (2018). Estimation of the quality of an urban acoustic environment based on traffic noise evaluation models. *Applied Acoustics*, (141), 115-124.
- Hurtley, C. (2009). *Night noise guidelines for Europe*. WHO Regional Office for Europe Copenhagen, Dinamarca, 162 pp.
- IRAM (2016). *Ruidos molestos al vecindario. Método de medición y clasificación*. Instituto Argentino de Normalización y Certificación. Norma IRAM 4062, Bs. Aires, Argentina, 24 pp.
- ISO (2016). N 9613-2. *Acoustics-attenuation of sound during propagation outdoors. Part 2: General method of calculation*. International Organization for Standardization ISO. Ginebra, Suiza.
- Muñoz Vargas, G., Gutiérrez, L. (2007). *Medición de los Niveles de Emisión Sonora en la Ciudad de Mendoza. Informe a la Municipal de la Ciudad de Mendoza-Laboratorio de Acústica "Mario G. Camín"*. Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Mendoza (UTN-FRM). Argentina, 12 pp.
- Nowak, D., Hirabayashi, S., Bodine, A. y Greenfield, E. (2014). Tree and forest effects on air quality and human health in the United States. *Environ. Pollut*, 193, 119-129. DOI: 10.1016/j.envpol.2014.05.028
- Parlamento Europeo (2017). *La contaminación atmosférica y acústica*. Artículos 191 a 193 del Tratado de Funcionamiento de la Unión Europea. Web: <http://www.europarl.europa.eu/factsheets/es/sheet/75/la-contaminacion-atmosferica-y-acustica>.
- 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.
- Ruiz, M. y Correa, E. (2015). Adaptive model for outdoor thermal comfort assessment in an oasis city of arid climate. *Build. Environ*, 85, 40-51. DOI: 10.1016/j.buildenv.2014.11.018
- Tong, Z, Baldauf, R., Isakov, V., Deshmukh, P. y Zhang, K. (2016). Roadside vegetation barrier designs to mitigate near-road air pollution impacts. *Sci. Total Environ*. 541, 920-927. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2015.09.067