

Niveles sonoros y soundscape atípicos en Lima por confinamiento a consecuencia del COVID-19

Elena I. Gushiken Uesu¹

Walter A. Montano Rodríguez²

¹ ARQUICUST Gerencia Arquitectura y Acústica. Magdalena, Lima, Perú

² ARQUICUST Laboratorio de acústica «Joseph Sauveur». Gualeguaychú, ER, Argentina

Correo de contacto: arquicust@arquicust.com

Resumen

Desde febrero de 2020 los autores están realizando un monitoreo de niveles sonoros en un distrito de Lima, Perú, porque querían conocer el nivel de ruido en esa zona residencial, impactada por el sobrevuelo de aviones, ya que su molestia en horas de la madrugada es importante. La aparición del SARS-CoV-2 cambió la "normalidad" en todo el mundo, en términos de salud pública y de calidad ambiental. El cierre de actividades no-esenciales y toque de queda ordenados por el gobierno, impusieron una movilidad social limitada. El aeropuerto internacional de Lima cerró el 16 de marzo, por lo que fue posible registrar este nivel sonoro atípico en la ciudad, en el sentido de tener los niveles sonoros ambientales más bajos posibles. Aquí se presentará el análisis de los niveles sonoros antes y durante varias etapas del confinamiento, y después de la apertura de las actividades comerciales e industriales decretada el 1° de julio por el gobierno peruano.

Palabras clave: Acústica, ruido aeronaves, monitoreo largo plazo, paisaje sonoro, estadística

Atypical sound levels and soundscape in Lima's confinement due to COVID-19

Abstract

Since February 2020 the authors have been monitoring sound levels in a district of Lima, Peru, because they wanted to know the noise level in that residential area, impacted by the overflight of airplanes, since its annoyance in the early morning hours it is important. The appearance of SARS-CoV-2 changed the "normality" around the world, in terms of public health and environmental quality. The government-mandated closure of non-essential activities and a curfew imposed limited social mobility. Lima's international airport closed on March 16, so it was possible to record this atypical noise level in the city, in the sense of having the lowest possible environmental noise levels. Here the analysis of the sound levels will be presented before and during various stages of confinement, and after the opening of commercial and industrial activities decreed on July 1 by the Peruvian government.

Keywords: Acoustics, aircraft noise, long term monitoring, soundscape, statistics

Níveis sonoros e soundscape atípicos em Lima devido ao confinamento como resultado do COVID-19

Resumo

Desde fevereiro de 2020 os autores monitoram os níveis de ruído em um distrito de Lima, Peru, porque queriam saber o nível de ruído naquela área residencial, impactada pelo sobrevoo de aviões, desde seu aborrecimento nas primeiras horas da manhã É importante. O aparecimento do SARS-CoV-2 mudou a "normalidade" em todo o mundo, em termos de saúde pública e qualidade ambiental. O fechamento obrigatório do governo de atividades não essenciais e um toque de recolher impuseram uma mobilidade social limitada. O aeroporto internacional de Lima fechou no dia 16 de março, então foi possível registrar esse nível de ruído atípico na cidade, no sentido de ter os menores níveis de ruído ambiental possíveis. Aqui será apresentada a análise dos níveis de ruído antes e durante as várias fases de confinamento, e depois da abertura das atividades comerciais e industriais decretada em 1° de julho pelo governo peruano.

Palavras chave: Acústica, ruído aeronaves, monitoreo largo plazo, paisagem sonoro, estadística.

PACS: 01.65.+g, 43.90.+v

¹  orcid.org/0000-0002-9893-9037

1. INTRODUCCIÓN

Magdalena del Mar es uno de los 43 distritos de la ciudad de Lima, y se localiza hacia el sur del punto de partida de la pista de su Aeropuerto Internacional, y desde hace unos 12 años hubo una modificación de las rutas aéreas (a causa de la gran cantidad de vuelos comerciales), por lo que actualmente se halla próximo a la curva de ascenso de las aeronaves que se dirigen hacia el océano, para dejar Lima. La explosión comercial de la modalidad de vuelos del tipo “low cost”, para servicios dentro del Perú desde el 2017, conllevó a que para no interferir con los servicios internacionales, los horarios de partida de dichos vuelos se concentren en horas de la madrugada, y por consiguiente aumentó el nivel sonoro del ruido ambiental de las zonas que están debajo de dicha ruta aérea, modificando la percepción del *paisaje sonoro* (expresión más conocida como *soundscape*).

Respecto a la utilización del término *soundscape* en este artículo, se lo entenderá tal como lo definió Murray Schafer, que es un concepto de la percepción psicoacústica y subjetiva de un ambiente sonoro (Schafer, 1993), y no como un término métrico bajo las consideraciones de la ISO 12913 (ISO, 2014).

La oficina de la empresa de los autores se encuentra en Magdalena del Mar, y como en Lima no existe una red de monitoreo de ruido ambiental, iniciaron en febrero del 2020 un proyecto para registrar el nivel sonoro durante las 24 horas del día (con una estación de monitoreo de ruido), para compartir los resultados de esas mediciones, en algunas de las actividades que se iban a realizar dentro del marco del «Año Internacional del Sonido 2020» (IYS2020).

A raíz de la pandemia del «Virus del síndrome respiratorio agudo severo tipo-2» (SARS-CoV-2), y el consiguiente cierre de aeropuertos de casi todo el mundo, el proyecto en ciernes cambió el objeto de las mediciones, para convertirse en uno más completo, en el sentido que a consecuencia de la supresión de los vuelos aéreos, se estuvo en condiciones de registrar los niveles sonoros más bajos posibles, considerando además, la prohibición de la circulación del tráfico automotor y del aislamiento social obligatorio.

En este artículo se presentan los resultados y análisis, de los niveles sonoros que se registraron en las distintas etapas del *Estado nacional de emergencia*,

decretado por el Gobierno de Perú, y todas las fechas que se mencionarán se corresponden al año 2020.

Los autores aclaran que este proyecto no tuvo financiamiento externo, y fue realizado durante el obligado ‘tiempo libre’ a consecuencia del confinamiento por la *enfermedad del virus corona del año 2019* (o su acrónimo en inglés COVID-19).

2. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO E INSTRUMENTAL UTILIZADO

Este monitoreo es parte de la *Responsabilidad Social* de la empresa ARQUICUST, dado que no existe sistema de medición de ruido de las Autoridades locales, a consecuencia de la molestia que produce en la noche y particularmente en horas de la madrugada, el ruido producido por el sobrevuelo de aeronaves.

La estación de monitoreo (EdM) TA120, se encuentra instalada en la azotea de la oficina en un segundo piso, la cual está en condiciones de campo libre.

En la Figura 1 se puede ver la ubicación de la estación de monitoreo respecto a la pista del aeropuerto internacional Jorge Chávez (AIJCh) y al océano, Punto N° 1 en las coordenadas geográficas (12°05'32.40"S-77°03'55.45"O).



Figura 1. Ubicación de la EdM

La oficina está ubicada al centro de la manzana y aproximadamente a 300 m de una avenida arterial (que tiene un corredor segregado para la circulación de buses), por lo que está en condiciones de muy bajo nivel de ruido urbano, que lo convierte en una localización ‘ideal’ para el registro del ruido producido por el sobrevuelo de las aeronaves que parten del AIJCh.

2.1. Descripción climática de Lima

El clima que impera donde se encuentra la ciudad de Lima está «dominado todo el año por el anticiclón subtropical o subtropical alto, con su aire descendente, inversiones elevadas y cielos despejados, tal ambiente atmosférico inhibe las precipitaciones» (Weatherbase, 2020), lo anterior es a raíz que la ciudad se encuentra en el litoral oceánico por donde circula la Corriente fría de Humboldt (ENPERU, 2020); se considera que Lima «tiene un clima desértico, que está clasificado como BWh por el sistema Köppen-Geiger» (Climate-data, 2020).

2.2. Descripción de la estación de monitoreo

Para el registro del nivel sonoro se está utilizando una estación de monitoreo continuo *TA120 Noise measuring sensor for Smart Solutions*®, diseñada y fabricada por la empresa CESVA® de Barcelona, España (CESVA, 2020); el conjunto de micrófono, electrónica y procesamiento de la señal, satisface el cumplimiento de la Norma IEC 61672-1:2013, para ser considerado un instrumento de Clase 1 (IEC, 2013), de acuerdo a los Ensayos electrotécnicos realizados por el Laboratorio Acreditado ISO 17025, con opinión de Tercera Parte, APPLUS(+).

La TA120 registra el NSCE por cada segundo el (simbolizado $L_{Aeq,1s}$), y envía los datos por comunicación WiFi a una nube (NoisePlatform®) que está alojada en Barcelona, en valores del nivel sonoro continuo equivalente (NSCE) por cada 1 (un) minuto (simbolizado $L_{Aeq,1min}$); de esta forma se puede acceder a ella desde cualquier lugar del mundo. A raíz del cierre de aeropuertos por la pandemia del COVID-19, uno de los autores estuvo obligado a pasar la cuarentena en Argentina, desde donde ingresaba a la nube de datos en Barcelona, para descargar los registros del nivel sonoro del sensor que estaba en Perú.

Si bien uno de los Objetos de estudio es el ruido producido por aeronaves, la TA120 utilizada no registra el nivel sonoro en $L_{AS,máx}$ tal como se especifica en la Norma ISO 20906:2009, recomendando que dicho descriptor sonoro, es el indicador más apropiado para la medición del ruido de aeronaves (ISO, 2009).

3. DESCRIPTORES DE SONIDO

La TA120 utilizada entrega, tal como se especifica en la IEC 61672-1, el NSCE ponderado en frecuencia “A” (IEC, 2013); para un tiempo T genérico entre un intervalo t_1 a t_2 , la integración es mediante la Ecuación 1:

$$L_{Aeq,T} = 10 \lg \frac{\frac{1}{T} \int_{t_1}^{t_2} p_A^2(t) dt}{p_0^2} \text{ dB Ec. (1)}$$

La legislación ambiental de Perú, en materia de ruido ambiental, considera dos periodos horarios (MINAM, 2003): diurno de 07.00 a 22.00 h (15 horas) y nocturno de 22.00 a 07.00 h (9 horas); puesto que uno de los Objetos del trabajo realizado, es que sea comparable con estudios similares de Europa, se decidió utilizar el *Indicador de ruido* día-tarde-noche tal como se define en la Directiva 49:2002 de la Unión Europea (EU, 2002), y es uno de los recomendados en la Norma ISO 1996-1:2016, *indicador* simbolizado como L_{DEN} (ISO, 2016) y es calculado según la Ecuación 2:

$$L_{den} = 10 * \log \frac{1}{24} \left(12 * 10^{\frac{L_{day}}{10}} + 4 * 10^{\frac{L_{evening}+5}{10}} + 8 * 10^{\frac{L_{night}+10}{10}} \right) \text{ Ec. (2)}$$

Los datos de la NoisePlatform se descargan como planilla de cálculos (en formato Excel®) que, entre otros datos, contiene el $L_{Aeq,1min}$ y el horario en que se produjo. Si bien dicha plataforma permite usar un programa de procesamiento de esos datos, para analizarlos bajo otros criterios acústicos, se escribieron macros en VBA para utilizar la biblioteca de funciones matemáticas que contiene el Excel: Percentil, estadísticas, distribución normal, desvío, etc.

Para este artículo se utilizarán como descriptores de ruido:

- El nivel sonoro percentil 10 (simbolizado $L_{A10,T}$) y el nivel sonoro percentil 90 (simbolizado $L_{A90,T}$).
- El rango, utilizando el nivel sonoro máximo (simbolizado $L_{A,máx}$) y el mínimo (simbolizado $L_{A,min}$), ambos determinados entre todos los valores del $L_{Aeq,1min}$ por cada día (o periodo).

4. NIVELES SONOROS ANTES DE LA CUARENTENA

El monitoreo de ruido se inició en el mes de febrero, pero como todavía era la temporada de verano, los niveles sonoros fueron atípicos, por esto para el análisis se considerará como fecha de inicio el mes de marzo. En la Figura 2 se puede ver la evolución temporal del NSCE por cada hora (simbolizado $L_{Aeq,1h}$) entre el 1° y el 15 de marzo, en la cual se identifica el rango del nivel sonoro por cada uno de esos días.

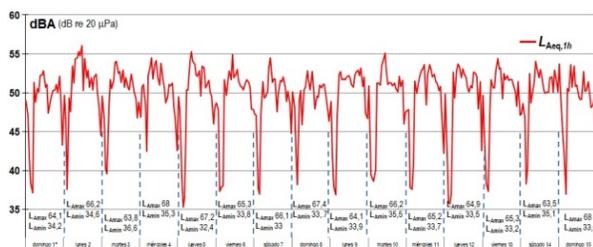


Fig. 2: Niveles sonoros antes de la cuarentena

Respecto a los niveles sonoros más bajos, se registraron entre las 02.30 y 04.30 h.

5. NIVELES SONOROS DESPUÉS DE LA ORDEN DEL ESTADO NACIONAL DE EMERGENCIA

El gobierno de Perú el lunes 16 de marzo declaró el *Estado nacional de emergencia* (ENE) a raíz de la pandemia del SARS-COV-2, imponiendo distintas medidas sociales de cuarentena, distanciamiento, restricción de circulación, etc., y también el cierre de todos los aeropuertos del Perú a vuelos y servicios comerciales.

5.1. Niveles sonoros después del ENE

Los niveles sonoros en los días siguientes al ENE fueron irregulares, ya que la suspensión de ciertas actividades se fue dando de a poco (se mantuvieron únicamente las esenciales), y el AIJCh estuvo funcionando con vuelos humanitarios y excepcionales, ya sea para el regreso de extranjeros a sus países como el retorno de peruanos que estaban en el exterior.

5.2. Niveles sonoros a partir del «Toque de queda»

El 29 de marzo el gobierno peruano decretó un *Toque de queda* estricto y con restricciones de circulación, entre las 18.00 y 08.00 h, por las calles, previa autorización únicamente se podían movilizar aquellas personas que cumplieran actividades esenciales. En la Figura 3 se observa la evolución temporal del $L_{Aeq,1h}$ entre el 28 de marzo y el 5 de abril.

En la Figura 3 se pueden ver algunos niveles sonoros ‘máximos’, que fueron ocasionados por el sobrevuelo de aeronaves de servicios humanitarios.

5.3. Niveles sonoros antes de la ‘Primera apertura’

El gobierno peruano permitió que a partir del 11 de mayo, varias actividades no-esenciales fueran permitidas para funcionar, y esta etapa podría considerarse como una ‘Primera apertura’ social durante el periodo del *Toque de queda*.

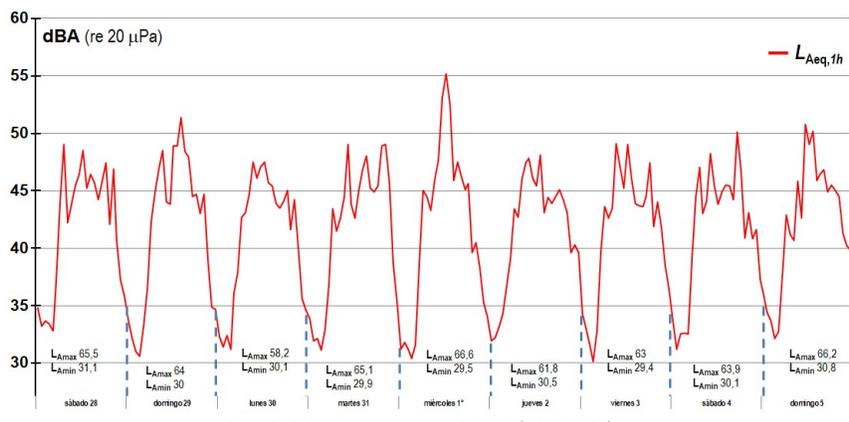


Fig. 3: Niveles sonoros del 28/03 al 05/04

En la Figura 4 se presenta la evolución temporal del $L_{Aeq,1h}$ entre el 3 y 9 de mayo, que se corresponden con el intervalo temporal previo a la ‘Primera apertura’.

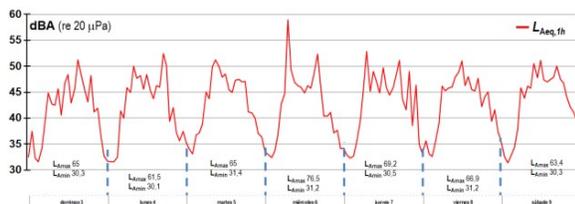


Fig. 4: Niveles sonoros del 3 al 9 de mayo

En la Figura 4 se pueden ver algunos niveles sonoros ‘máximos’, que fueron ocasionados por el sobrevuelo de aeronaves de servicios humanitarios.

5.4. Niveles sonoros previos a la «Apertura de reactivación económica»

Durante el mes de junio en Lima imperan las condiciones climáticas otoñales, por lo que sumado a las bajas temperaturas el *Toque de queda* y a la circulación restringida de personas, los niveles sonoros fueron muy bajos como nunca antes se hubiera imaginado, y la percepción del soundscape fue realmente de «tranquilidad acústica», tal como se puede observar en la Figura 5, la evolución temporal del $L_{Aeq,1h}$ durante junio, mes previo a la *Fase 3* o de la *Apertura de reactivación económica*, decretada por el gobierno peruano.

En junio, el horario de *Toque de queda* se inició a partir de las 20.00 h.

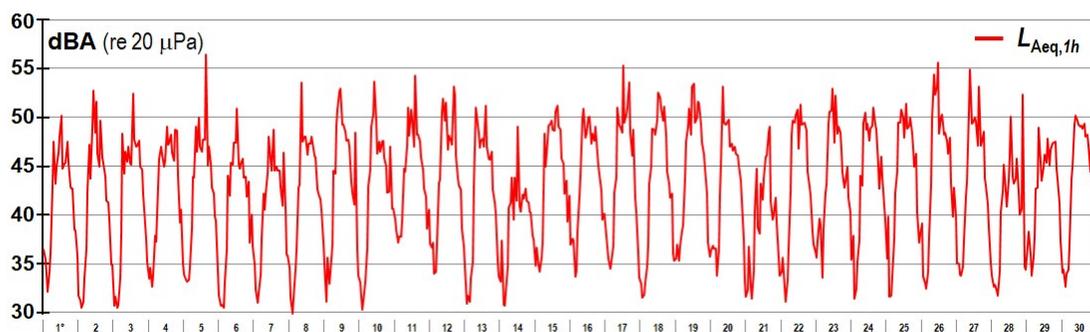


Fig. 5: Niveles sonoros durante junio

6. NIVELES SONOROS A PARTIR DEL 1º DE JULIO DURANTE LA ‘NUEVA NORMALIDAD’

A consecuencia de factores económicos (la otra pandemia consecuencia del COVID-19), se trasladó la oficina otro lugar dentro del mismo Distrito de Magdalena del Mar, y la ubicación del Punto N° 2 de medición ahora se encuentra a 280 m de distancia del Punto N°1, tal como se ve en la Figura 6.



Fig. 6: Nueva ubicación de medición

Dada la complejidad y casuística que tendría pretender una comparación directa, entre resultados de los niveles sonoros que se obtuvieron en los distintos puntos de medición, es que a partir del 1º de julio se realizará un análisis separado de los registros que se están obteniendo en esta nueva ubicación (el Punto N° 2).

Si bien la *Apertura de reactivación económica* comenzó el 1º de julio, la ‘nueva normalidad’ se manifiesta, en un cambio de la percepción del soundscape a partir del lunes 6 de julio, se considerará como primera semana de la ‘nueva normalidad’ desde el domingo 5 al sábado 11 de julio.

El lunes 2 de noviembre es el día en que el AIJCh fue abierto sólo para vuelos habilitados a servicios especiales (no para el turismo) por lo que se considerará la semana entre el domingo 25 al sábado 31 de octubre, como la última semana de la ‘nueva normalidad’.

En la Figura 7 (la gráfica fue generada por la NoisePlatform) se presentan superpuesta la evolución temporal del NSCE $L_{Aeq,1min}$ de la ‘nueva

normalidad’: primera semana (curva color celeste); última semana (curva color azul).

Se puede observar en la Figura 7, cómo los niveles sonoros de la última semana son mucho más altos, esto debido a que después de 120 días de apertura para la reactivación económica, el tráfico automotor se fue incrementando paulatinamente, en acompañamiento al aumento de la movilidad de las personas y reducción gradual del confinamiento.

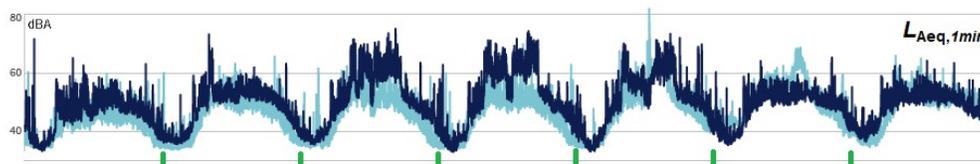


Fig. 7: Niveles sonoros de la primera y última semana de ‘nueva normalidad’

7. ANÁLISIS DEL RESULTADO DE LAS MEDICIONES DEL NIVEL SONORO

Tal como se anunció previamente, el análisis de los niveles sonoros ocurridos antes del 1° de julio (apertura) se corresponden con el Punto N° 1, y a posterior de esa fecha son del Punto N° 2.

Los horarios de referencia para determinar el *Indicador de ruido* L_{DEN} , son los siguientes:

- $L_{Day,12h}$ (o L_D) es el NSCE desde las 06.00 h a las 18.00 h.
- $L_{Evening,4h}$ (o L_E) es el NSCE desde las 18.00 h a las 22.00 h.
- $L_{Night,8h}$ (o L_N) es el NSCE desde las 22.00 h a las 06.00 h.

7.1. Análisis del impacto del ruido de aeronaves en el Punto N° 1

Para tener una idea del impacto del ruido nocturno (entre las 22.00 y 06.00 h) por el sobrevuelo de aeronaves en este distrito de la ciudad de Lima, que se correlacionan con la molestia que expresa la vecindad, y también para determinar el cambio en el soundscape en el Punto N° 1, en la Figura 8 se compara la evolución temporal $L_{Aeq,1min}$ entre: La noche del 1° al 2 de marzo (curva color rojo) antes de la cuarentena, y la del 21 al 22 de junio (curva color celeste) durante la cuarentena.

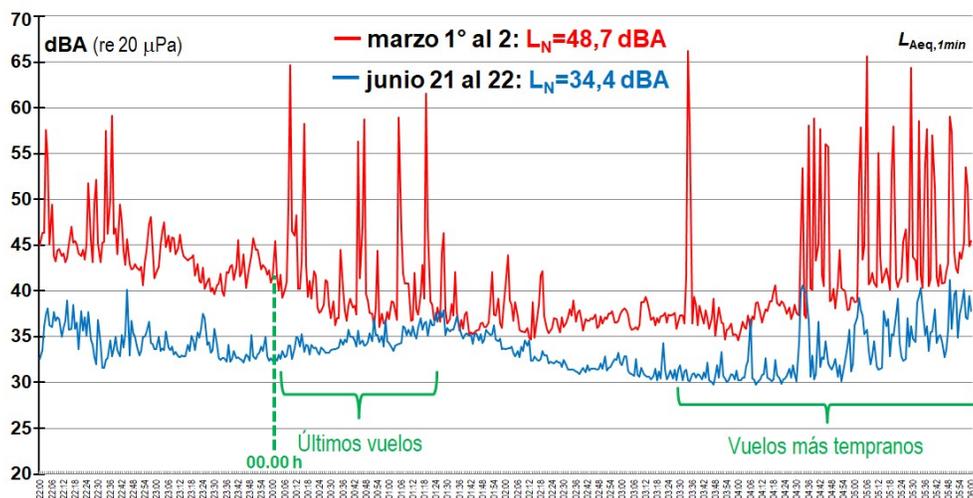


Fig. 8: Comparación de niveles sonoros nocturnos antes/durante cuarentena

En la Figura 8 se identifican los intervalos horarios donde se concentran los últimos vuelos de la noche, y los primeros vuelos de la mañana, donde se observa que al suprimirse los sobrevuelos de aeronaves durante la cuarentena, el nivel sonoro nocturno L_N se redujo en 14,3 dBA.

7.2. Análisis de los niveles sonoros en el Punto N° 1

A fin de no confundir las etapas o fases de la cuarentena que definieron los gobiernos, en correspondencia con lo recomendado por la OMS, en este artículo se identificaron como «escenarios», dado que se tienen en cuenta ventanas temporales parciales de análisis, que están incluidas en las etapas gubernamentales:

- A. Del 1° al 15 de marzo, antes del *Estado nacional de emergencia*.
- B. Del 28/03 al 5/04, después del *Estado nacional de emergencia*.
- C. Del 3 al 9 de mayo, antes de la *Primera apertura*.
- D. Del 1° al 30 de junio, último mes de cuarentena estricta.

En la Tabla 1 se resumen los niveles sonoros día-tarde-noche, para cada uno de los escenarios mencionados.

Tabla 1. NSCE por escenario. Punto 1

Esc.	L_D	L_E	L_N	L_{DEN}
A	52	51	47,7	55,3
B	46,7	44,3	35,6	47
C	48,3	44,2	37,1	48,1
D	48,5	44,3	36,2	48

De la tabla 1 se observa que:

- Durante la cuarentena estricta y *Toque de queda*, el nivel sonoro diurno L_D se redujo en 5,3 dBA, y el nocturno L_N en 12 dBA.
- En los distintos escenarios de apertura, el nivel sonoro diurno L_D se redujo en 3 dBA, y el nocturno L_N en 11 dBA promedio.
- El nivel sonoro de la tarde L_E en todos los escenarios se redujo en casi 7 dBA

Los niveles sonoros de la tarde y nocturnos en los distintos escenarios son casi iguales, a consecuencia

de la prohibición de circulación de vehículos y personas entre las 18.00 y 06.00 h.

7.3. Análisis de los niveles sonoros en el Punto N° 2

Dado que las mediciones en este punto se iniciaron el 1° de julio, no se tiene conocimiento de los niveles sonoros durante las Fases anteriores a esa fecha; se analizará el resultado de las mediciones hasta el 2 de noviembre, día en que se reiniciaron los vuelos en el AIJCh.

Se definen dos contextos para el análisis (tal como se presentaron en la Sección 6):

- I. Primera semana de la ‘nueva normalidad’.
- II. Última semana de la ‘nueva normalidad’.

En la Tabla 2 se resumen los niveles sonoros día-tarde-noche, para cada uno de los contextos mencionados.

Tabla 2. NSCE por escenario. Punto 2

Esc.	L_D	L_E	L_N	L_{DEN}
I	58	49,8	42,2	56,2
II	59,4	52,3	47	58,4
	+1,4	+2,5	+4,8	+2,2

En la Tabla 2 se observa que el nivel sonoro nocturno L_N es el que más se incrementó, esto a consecuencia que el horario de Toque de queda fue entre las 22.00 y 04.00 h, a fin de permitir el traslado de las personas a sus lugares de trabajo.

8. ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LAS MEDICIONES DEL NIVEL SONORO

El descriptor de sonido conocido como el *clima de ruido* se ha utilizado por décadas, y está definido como la diferencia entre el nivel percentil 10 y el nivel percentil 90, y se simboliza como “ $(L_{10}-L_{90})$ ”; uno de sus primeros usos en acústica ambiental, fue aplicarlo como un término corrector para caracterizar el ruido del tráfico automotor llamado *Traffic noise index* (TNI), el cual en 1968 fue introducido en Inglaterra (Langdon & Scholes, 1968), el cual nunca fue normalizado.

De acuerdo a Manojkumar et al, el *Clima de ruido* «es útil para analizar la variación de los niveles sonoros en un periodo dado de tiempo» (Manojkumar et al, 2019);

últimamente se lo utilizando como un plausible descriptor objetivo para caracterizar el soundscape, tal como fue presentado por Herranz-Pascual et al: «La percepción del confort acústico está relacionado a índices acústicos, siendo los más relevantes el $L_{Aeq,T}$, L_{10} y L_{50} , mientras que la 'sensación de agrado' de un soundscape está asociado al $L_{10}-L_{90}$ » y «Este resultado puede deberse a la relación más fuerte del soundscape con el parámetro $L_{10}-L_{90}$, que también refleja fluctuaciones en el entorno sonoro, además de estar relacionado con el número de eventos» (Herranz-Pascual et al, 2016). Para entender que lo implica un valor de *Clima de ruido*, encontramos que: «Altos niveles de clima de ruido, indica que la fluctuación de un nivel sonoro, durante ese periodo dado de tiempo, implica que causa mucha molestia» (Robinson, 1971).

8.1. Análisis del *Clima de ruido* en el Punto N° 1

A posterior de iniciarse la pandemia, Ascencio et al, publicaron el interesante trabajo titulado «Una

propuesta de taxonomía para la evaluación de los cambios en el paisaje sonoro resultantes del lockdown por el COVID-19», que proponen al *Clima de ruido* dentro de una categoría con «poder de descriptivo físico» (Ascencio et al., 2020). En la Figura 9 se observa la evolución temporal horaria del $(L_{10,1h}-L_{90,1h})$ entre dos días (los mismos de la Figura 8), donde se compara el *clima de ruido* antes de la cuarentena, con ruido por los sobrevuelos de aeronaves (curva roja), y durante el confinamiento (curva celeste) sin ruido de aeronaves. Se puede observar en la Figura 9, que antes de declararse la cuarentena, los valores de *Clima de ruido* son altos y, para la madrugada del 1° de marzo, alcanzan un valor de 21,5 dBA, el cual se correlaciona con la molestia que expresa la vecindad. Por el contrario, durante la cuarentena y confinamiento, dichos valores están por debajo de los 8 dBA.

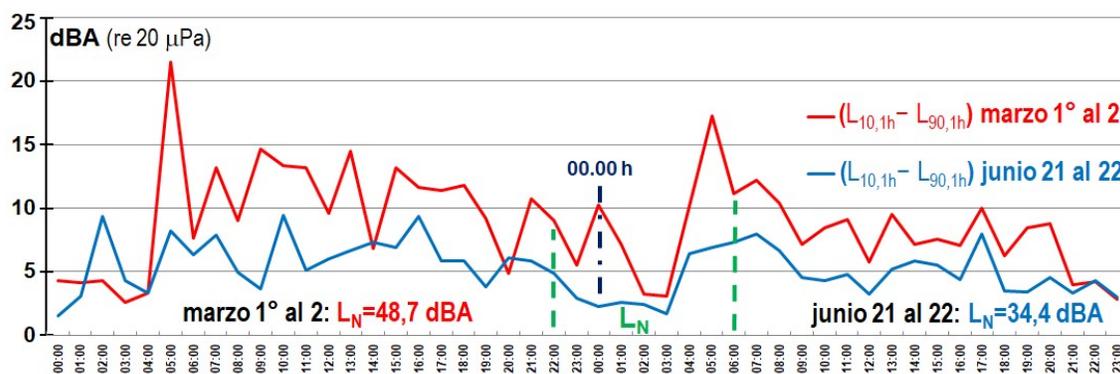


Fig. 9: Comparación del *Clima de ruido* entre dos días

8.2. Análisis de *Tendencia lineal* en el Punto N° 2

El análisis que se puede realizar con los resultados obtenidos en este punto es más interesante, porque a raíz que las actividades no-esenciales se fueron abriendo día-a-día, se está en condiciones de poder evaluar cómo los niveles sonoros se incrementaron progresivamente.

En la Figura 10 se presenta la evolución temporal del L_D (curva color rojo) y del L_N (curva color celeste) por cada día, entre el 1° de julio y el 31 de octubre, en la cual se puede ver cómo van aumentando los niveles sonoros en horas del día L_D .

En la Figura 10 se observa que:

- Puesto que los días domingos estuvo prohibida la circulación de vehículos y de personas, esto se manifiesta con descensos ‘abruptos’ del L_D .
- El aumento del L_D se manifiesta con su *Tendencia lineal* (línea de trazo azul).
- Para el caso de los niveles nocturnos L_N , la *Tendencia media móvil* (línea punteada) manifiesta una oscilación de $\pm 2,3$ dBA, respecto a una recta, hasta el 8 de septiembre y a partir de esta fecha sí se revela un incremento de su nivel sonoro.

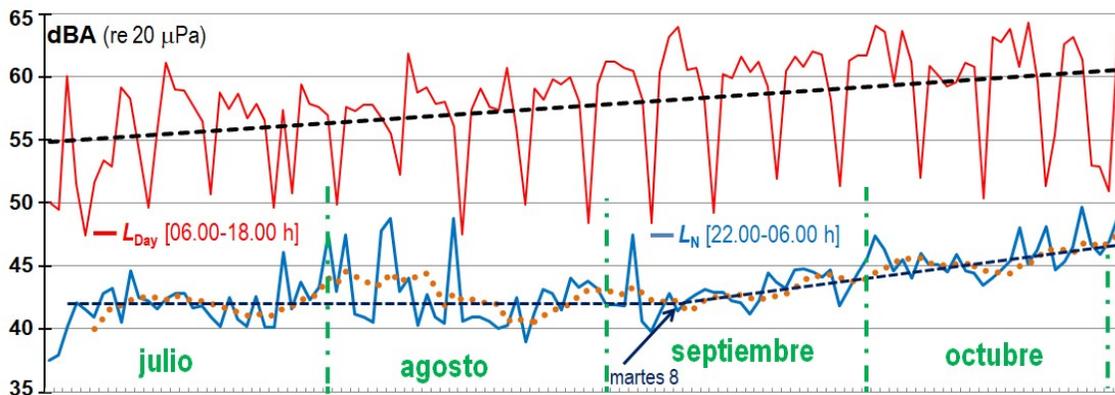


Fig. 10: Comparación de niveles sonoros

9. CONCLUSIONES

La pandemia del COVID-19 produjo un cambio social en todo el mundo, la suspensión de los vuelos internacionales y cierre de aeropuertos, cuarentena, confinamiento y aislamiento social (excepto por unos pocos países), redujo al mínimo la movilidad de las personas, y a consecuencia de ello, todos los factores ambientales se redujeron como nunca antes se hubiera poder imaginado, los niveles sonoros disminuyeron a tal nivel, que en las ciudades fue posible volver a escuchar el canto de aves; para el caso de las estaciones de vigilancia sísmica por vibraciones, registraron niveles de aceleración impensables a consecuencia de la eliminación de la circulación de vehículos en las ciudades.

En este artículo se comparten los resultados obtenidos del monitoreo de ruido, que en su concepción era registrar los niveles sonoros producido por el sobrevuelo de aeronaves, y terminó convirtiéndose en un proyecto de investigación.

La utilización del *clima de ruido*, como herramienta objetiva, da una mejor idea de la percepción del soundscape, porque es una «buena descripción del aumento energético producido por una fuente» (Asensio et al, 2020).

Para mediciones de largo plazo el utilizar la *Tendencia* estadística es de gran valor, ya que permite observar gráficamente el comportamiento que tiene la variabilidad de los niveles sonoros.

Este trabajo está en continua actualización, ya que se continúa registrando el nivel sonoro en el Punto N° 2, ahora con la influencia del sobrevuelo de aeronaves dado que el AIJCh está nuevamente en operación.

Todos los datos que fueron recabados servirán también, como material informativo para las Autoridades gubernamentales en materia ambiental, ya que se pudo registrar el nivel sonoro más bajo posible, dado que siempre es materia de discusión cuáles serían los valores adecuados de *Estándares de calidad ambiental* para ruido urbano.

Se podrían realizar mayores análisis de los aquí presentados, pero el objetivo de los autores es de compartir utilizando herramientas sencillas, la modificación del soundscape en Magalena del Mar, distrito de la ciudad de Lima, Perú.

AGRADECIMIENTOS

Los autores quieren agradecer la colaboración de Marçal Serra Joan, Jordi Casamajo and Joan Casamajo de CESVA; también a la Revista ECOS por la edición y publicación de este artículo.

BIBLIOGRAFÍA Y WEBGRAFÍA

- Asensio, C.; Aumond, P.; Can, A.; Gascó, L.; Lercher, P.; de Arcas, G.; Ribeiro, C.; Muñoz, P.; Licitra, G. (2020). A taxonomy proposal for the assessment of the changes in soundscape resulting from the COVID-19 lockdown. *Int. J. Environ. Res. Public Health* 2020, 17, 4205.
- CESVA (2020) NoisePlatform. Plataforma online de monitorización de ruido. CESVA instruments SLU.
- Climate-data.org (2020) Lima, Peru.
- EU (2002) *Directiva 2002/49/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 25 de junio de 2002, sobre evaluación y gestión del ruido ambiental*. Bruselas, 2002.

- ENPERU (2020) *Clima*. Portal de información turística.
- Herranz-Pascual, K.; García, I.; Aspuru, I.; Díez, I., Santander, A. (2016) Progress in the understanding of soundscape: objective variables and objectifiable criteria that predict acoustic comfort in urban places. De Gruyter open. *Noise mapp*. 2016; 3:247–263.
- IEC 61672-1:2013 – *Electroacoustics – Sound level meters – Part 1: Specifications*.
- ISO 20906:2009 *Acoustics – Unattended monitoring of aircraft sound in the vicinity of airports*.
- ISO 12913-1:2014 *Acoustics – Soundscape – Part 1: Definition and conceptual framework*.
- ISO 1996-1:2016 *Acoustics – Description, measurement and assessment of environmental noise – Part 1: Basic quantities and assessment procedures*.
- Langdon, F.J. Scholes, W.E. (1968) The Traffic Noise Index: A Method of Controlling Noise Nuisance. *Building Research Station Current Papers 38168, Journal, Vol (147, 2-3)*, England.
- Manojkumar, N.; Khadar Basha; Srimuruganandam, B. (2019) Assessment, Prediction and Mapping of Noise Levels in Vellore City, India. De Gruyter open. *Noise mapp. Volume 6: Issue 1*.
- MINAM (2003) *Decreto Supremo 085-2003-PCM que establece los Estándares de calidad ambiental para ruido*. Ministerio del Ambiente, Perú.
- Robinson, D.W. (1971). Towards a unified system of noise assessment. *Journal of Sound and Vibration, 14(3)*, 279–298.
- Schafer, Murray R. (1993) *The Soundscape: Our sonic environment and the tuning of the world*. Rochester, Vt. Destiny books.
- SENAMHI (2020) *Estación: Campo de Marte*. Datos Hidrometeorológicos a nivel nacional.
- Weatherbase (2020) Lima, Peru. Köppen climate classification.