

Ciencia Ciudadana en la Remediación de Contaminación Acústica

Diego Evin¹, Sebastián Ferreyra¹, Aldo Ortiz Skarp¹, Jorge Pérez Villalobo¹,
Agustín Cravero¹, Ana Luz Maggi¹

¹ CINTRA CONICET-UTN, Maestro López esq. Cruz Roja Argentina,
5016 Córdoba, Argentina
{diegoevin, sebastian.ferreyra, jorgeperezvillalobo,
gacravero, analuzmaggi}@gmail.com
aortiz@frc.utn.edu.ar
<https://www.investigacion.frc.utn.edu.ar/cintra>

Resumen. La contaminación acústica es un problema delicado tanto para la salud humana como para el medio ambiente, en especial en las grandes ciudades. El enfoque tradicional de remediación acústica tiene una visión estrictamente normativa, limitándose a garantizar que los niveles medidos instrumentalmente no excedan los valores admitidos por la normativa, pero esto no siempre garantiza la restitución de un medio ambiente saludable. En este trabajo se presenta un enfoque innovador que aplica conceptos de ciencia ciudadana en el tratamiento de la problemática de ruido urbano, involucrando a los damnificados y generadores como un cliente único y haciéndolos intervenir en todo el proceso de estudio. Se aplica este enfoque en el tratamiento de un caso particular que involucra a una empresa de TV y el centro vecinal circundante, y se presentan los resultados y experiencias obtenidos.

1 Introducción

El ruido urbano es considerado una epidemia moderna de las grandes ciudades. En los grandes conglomerados hacia los que evolucionaron las configuraciones de las sociedades actuales, la cantidad y nivel de ruidos, así como sus efectos sobre la salud y calidad de vida [1], [2], constituyen una fuente de conflictividad que altera la convivencia e impone nuevos desafíos a diversas áreas disciplinares, y a la ciencia como instrumento de estudio y articuladora de propuestas innovadoras para su prevención y remediación [3]. El enfoque clásico de las soluciones de remediación considera el problema desde un punto de vista estrictamente normativo, partiendo de los límites máximos de niveles sonoros admitidos según las ordenanzas municipales, y la medición instrumental del perfil de ruido generado por la/s fuente/s. En caso que dichos niveles excedan los límites permitidos, se proponen y eventualmente ejecutan soluciones de ingeniería acústica para su mitigación. A pesar de la simplicidad del enfoque de remediación clásico, la polución sonora se puede considerar un problema complejo, constituido por subsistemas (medio físico-perceptual, productivo, y socio-económico) que deben ser considerados de forma integral, ya que una alteración en

cualquiera de estos subsistemas repercute sobre los demás [4]. En el enfoque de mediación clásico la entidad encargada de analizar el problema y proponer soluciones adopta como cliente a una de las partes, ya sea el responsable de la generación o los damnificados. Ello determina una visión fragmentada del problema que suele dificultar su tratamiento integral y el objetivo de buscar la restitución de un medio ambiente saludable, que consideramos el objetivo final de una intervención efectiva y duradera. Los entornos urbanos saludables requieren de una planificación y comprobación de la calidad del medio ambiente que va más allá de los requisitos legales, contemplando también factores perceptuales y humanos en la valoración tal que se logre una comprensión integral de los problemas locales de salud pública [5].

Por otro lado, en los últimos años y especialmente en países desarrollados comenzó a cobrar atención institucional, política y pública el concepto de ciencia ciudadana que propone la participación del público general en actividades de investigación científica ya sea mediante su aporte intelectual, herramientas o recursos. Se puede definir ciencia ciudadana como “la participación voluntaria del público general del proceso científico, abordando problemas del mundo real mediante la formulación de preguntas de investigación, realización de experimentos científicos, recolección y análisis de datos, interpretación de resultados, aporte de descubrimientos, desarrollo de tecnologías y aplicaciones y resolución de problemas complejos” [6]. A través de esa estrategia los participantes expanden la visión de la investigación co-creando una nueva cultura científica y acercando el trabajo y métodos científicos a toda la sociedad, reconsiderando la relación de poder tradicional entre “expertos” y “legos”. Como resultado de este escenario abierto, interconectado y transdisciplinario, se mejoran las interacciones entre ciencia, sociedad y política, lo que conduce a una investigación más democrática basada en la toma de decisiones que se apoyan en datos empíricos [7], la construcción de conocimiento como una forma de apropiación social de la ciencia y en definitiva un cambio de realidad. En Argentina se pueden encontrar interesantes iniciativas en esta línea [8].

En este trabajo se presenta la aplicación de conceptos de ciencia ciudadana en el tratamiento de la problemática de ruido urbano, considerando desde un punto de vista epistemológico la participación ciudadana en un rol activo durante la generación de conocimiento, y no como simples proveedores de datos. Se lo hace a través de un caso piloto que fue encarado por CINTRA como una actividad de vinculación en el marco del programa de responsabilidad social universitaria (RSU). El CINTRA es un centro de investigación de doble dependencia CONICET-UTN FRC conformado por especialistas de diversas disciplinas (ingenierías, psicología, fonoaudiología), dedicados al estudio y transferencia en el área temática de la acústica [9], que trabaja con un enfoque sistémico para promover una red sinérgica de trabajo colaborativo intra e interinstitucional articulando investigación, innovación tecnológica, capacitación interdisciplinaria de investigadores y servicios tecnológicos.

La intervención en el caso piloto surge a partir de la solicitud de un centro vecinal que contaba con la conformidad de la empresa generadora de ruido, una planta transmisora de TV. Este problema era de vieja data y la empresa había buscado remediarlo dando participación a distintos especialistas en el transcurso del tiempo. Todos ellos habían adoptado el enfoque clásico para el estudio del problema de ruido, sin embargo los reclamos y molestias de los vecinos no habían encontrado una solución acepta-

ble. Es por ello que en esta ocasión surge la iniciativa de aplicar un enfoque integral, conectando e involucrando a los vecinos en la identificación del problema, la interpretación de datos y la resolución de problemas en un sentido participativo, que consideramos una estrategia situada y describiremos en la próxima sección.

1.1 Aspectos Conceptuales y Metodológicos

El primer elemento considerado en el estudio fue el marco normativo sobre ruidos molestos para la ciudad de Córdoba. La primera ordenanza sobre ruido de la ciudad fue sancionada en 1965, y fue un marco regulatorio pionero en ese momento para nuestro país, acorde con los criterios técnicos imperantes en aquellos tiempos a nivel mundial. En 1986 se aprueba una nueva ordenanza, que establece niveles máximos de ruido ambiente y de vibraciones considerando cuatro ámbitos (I-Hospitalario, II-Residencial, III-Mixto o Comercial y IV-Industrial) y dos franjas horarias: diurna y nocturna. La misma fue acompañada de un plano de la ciudad de Córdoba que definía las zonas correspondientes a esos ámbitos, y por un decreto reglamentario que establecía el procedimiento de medición de diversos descriptores acústicos. Con el correr de los años, el aumento del ruido urbano producido principalmente por el tráfico vehicular de un creciente parque automotor y del incremento demográfico, la normativa quedó desactualizada y obsoleta. En 2013 se actualizó esa normativa mediante la Ordenanza Municipal N° 12.208 - Sobre ruidos molestos en la Ciudad de Córdoba, vigente en la actualidad. La misma establece a grandes rasgos un procedimiento basado en la determinación del nivel sonoro continuo equivalente (Leq) utilizando la red de ponderación espectral "A", para tiempos de integración de 15 min y define ahora tres rangos horarios. La evaluación para determinar si un ruido es considerado molesto o no molesto, se efectúa mediante el cálculo de la diferencia aritmética entre el nivel del ruido evaluado (determinado con el LAeq) y el ruido de fondo medido o calculado en la posición de evaluación (el interior del recinto afectado), el cual no puede superar un intervalo de referencia definido por ámbito. Cabe mencionar que la metodología de evaluación de dicha ordenanza está inspirada en la norma IRAM 4062:2001 – Ruidos molestos al vecindario, ya que toma el criterio de la diferencia del nivel de evaluación con el nivel de ruido de fondo, pero introduce intervalos de referencia para realizar dicha evaluación. A pesar del cambio significativo de metodología de medición acústica y evaluación del ruido implementada en la ordenanza vigente, se han detectado numerosos casos de litigio por ruidos y vibraciones aún con niveles sonoros que se encuentran por debajo de la diferencia establecida. Justamente por esta situación en los trabajos de análisis modernos sobre la problemática del ruido urbano se puede observar que además del empleo de mapas de ruido por rangos horarios, se utilizan herramientas de valoración personal de la calidad acústica del entorno tales como encuestas de satisfacción respecto al ambiente acústico [10]. En esas valoraciones un elemento fundamental es lo que se conoce como molestias por ruido (*noise annoyance*), entendido como el impacto negativo del ruido sobre la calidad de vida. Esas evaluaciones vienen determinadas por dos factores, uno dado por el nivel físico de ruido, y otro por factores asociados a los oyentes. Estos factores se denominan variables moderadoras y se relacionan ya sea a características individuales (factores personales), o compartidas por grupos sociales (factores sociales). Entre los factores

personales se pueden mencionar: sensibilidad al ruido, creencia respecto a efectos nocivos para la salud que pueda tener la fuente de ruido, valoración de la importancia y necesidad de la fuente, confianza del afectado respecto a que puede manejar la situación (afrentamiento). Mientras que algunos de los factores sociales mencionados en la literatura son: el significado emocional y perceptual de la fuente (por ejemplo, para una misma energía de ruido el generado por trenes suele tener asociado una molestia menor que el de aviones), percepción del grado de consideración por parte de los responsables de la fuente de ruido, es decir, si hacen o no todo lo que está a su alcance para minimizar los ruidos generados, distribución histórica de niveles de ruido en el área considerada y expectativas de los residentes respecto a la evolución futura de los niveles de ruido (se percibe mayor molestia en fuentes que se presume aumentará los niveles de emisión a futuro) [11]. Según la revisión de Guski, [11] en la remediación de molestias por ruido es esperable que el empleo de estrategias para actuar sobre las variables moderadoras sea tan efectivo como el que se centra en la reducción del nivel sonoro. En ese sentido, la construcción de confianza entre las partes es un elemento clave para un plan de remediación integral que además de la mitigación de ruidos incorpore el tratamiento de los factores no acústicos que exacerbaban el rechazo social. Esa construcción debería pensarse a largo plazo, y basada en una comunicación transparente y fluida entre las partes [12].

Por otro lado, se pueden encontrar en la bibliografía varios ejemplos que reflejan las ventajas de involucrar a los ciudadanos en el proceso de estudio de ruidos ambientales. Entre los antecedentes que podemos mencionar en este sentido se encuentra la elaboración de una red de sensado urbano participativo a través de registros de teléfonos celulares para elaborar un mapa de ruido, que se proponen por ejemplo en [13] y [14]. Por otra parte Hofland [5] presenta una interesante revisión de experiencias de participación ciudadana relacionadas a ruidos urbanos, donde se describe la forma en la que los ciudadanos intervienen (recolección de datos, definición del problema, análisis e interpretación de datos, elaboración de planes) y el impacto de estos procedimientos sobre los resultados obtenidos por los programas de mitigación.

En este trabajo se siguió el enfoque participativo e integral involucrando en el estudio y elaboración de pautas de remediación tanto a la parte generadora de ruido como a los vecinos afectados. De esa forma se buscó enriquecer la solución de ingeniería acústica con una intervención sobre las variables moderadoras previamente mencionadas, a través de la mejora en la comunicación y transparencia entre las partes. A continuación, se describirá el caso de estudio y la metodología empleada en la intervención.

La Planta de Canal 12 (Telecor SA) es una estación de radio y televisión que cuenta con equipos para generación y transmisión de radio frecuencias y un sistema de acondicionamiento térmico asociado, todo lo cual inevitablemente produce ruido. La empresa controla sistemáticamente que el mismo se mantenga dentro de los límites permitidos. El predio que se encuentra en sus inmediaciones es una zona de alta calidad acústica en tanto presenta muy bajo nivel de ruido de fondo. Esta característica tan positiva como deseable tiene una implicancia negativa: se perciben muchos más ruidos de bajo y medio nivel que no son enmascarados por el ruido de fondo, provocando molestias que resultan más notables en caso de oyentes sensibles.

La intervención de CINTRA comenzó mediante un cuestionario extendido a vecinos residentes en las proximidades de la planta transmisora, organizados en un centro vecinal (CVCDLR), a quienes se indagó respecto a las valoraciones perceptuales de ruido experimentado. Participaron de este estudio 12 personas, a quienes se les solicitó que indicasen si había algún momento del día en que notaran ruidos molestos originados en dicha planta, y en caso de percibirlos describieran con sus palabras las características de los mismos. Luego de analizar las respuestas de los vecinos, se las pudo sistematizar en torno a tres ejes: caracterización del ruido, momentos de mayor molestia y sensaciones en relación al ruido. Con respecto a la caracterización del ruido, en el discurso de los vecinos se la puede resumir cualitativamente como un “zumbido permanente al que se le suman otros ruidos transitorios”. El ruido permanente era descrito como: “zumbido”, “tono muy agudo”, “zumbido de motor”, “chillido de un grillo”, “semejante a un gran motor en marcha”. Respecto a los momentos de mayor molestia, los vecinos declararon que se daban al amanecer, en este momento se menciona en algunos casos la interrupción del sueño, los viernes a la mañana/mediodía, período que también se asocia con la activación de un “equipo motor diésel”, “gases de combustión”, “mucho humo”, “olor a combustible”, y los fines de semana. Finalmente, respecto a las sensaciones relacionadas al ruido percibido, se menciona diferentes tipos de malestar: “cuando lo hago consciente es peor de molesto”, “me olvidé del sonido del silencio”, “nos despertamos por ruido que produce sobresalto”, “hay mañanas que se pone insoportable”, “resulta muy molesto”, “...una frecuencia de naturaleza muy invasiva y molesto”.

Una vez analizado el cuestionario se definió el trabajo en 3 etapas ejecutadas como Servicios Tecnológicos de Alto Nivel (STAN):

1. Entrevistas con todas las partes que resultaron en la conformación de un único cliente CVCDLR/TELECOR y una sola demanda: estudiar ruidos molestos generados por la planta de TV y proponer soluciones para su remediación. A este cliente se lo conceptualizó con el término de cupla, inspirado del concepto físico en el que un sistema formado por un par de fuerzas muestra un comportamiento particular sólo si actúan acopladas. Este término hace referencia al tratamiento integral de la problemática y que en caso de ser fragmentado para su estudio el comportamiento no es el mismo.
2. Mediciones acústicas en la planta de TV y en el interior de dos de las viviendas de los vecinos. Se implementó como innovación tecnológica: a) la visita a la planta por parte de 4 de los vecinos más afectados, quienes cumplieron el rol de “instrumentos de medición”. Todos coincidieron en identificar al equipo transmisor como la principal fuente de ruido molesto, afianzando lo que previamente habían determinado los expertos del CINTRA. b) El cuestionario mencionado en el punto anterior, cuyas respuestas, juntamente con la ubicación espacial de las viviendas más afectadas, permitieron delinear un mapa de molestia preliminar.
3. Procesamiento de datos (acústicos y de molestias por ruido), plan de remediación y asesoramiento durante su ejecución y post mediciones de verificación en idénticos lugares de la planta y viviendas. Los vecinos res-

pondieron a un breve cuestionario (completado en tiempo diferido por razones de fuerza mayor), para evaluar diferencias en las molestias por ruido antes y después de la remediación.

2 Resultados

La solución de ingeniería acústica propuesta y adoptada por la empresa evidenció la reducción de los niveles sonoros en diferentes puntos de análisis. A saber:

- a) Las condiciones de funcionamiento y emisión sonora de los equipos de transmisión de TV y de aire acondicionado fueron equivalentes (diferencias menores a 1 dB) para las dos instancias de evaluación (pre y pos soluciones de ingeniería de control de ruido realizadas). Es decir, que las principales fuentes de ruido mostraron el mismo comportamiento en ese lapso de tiempo. Este valor permite descartar que las disminuciones de niveles sonoros observados sean causadas por una reducción del nivel en la fuente.
- b) Las emisiones sonoras disminuyeron significativamente en el entorno próximo a las salas de transmisión -sala de control y salida de potencia- con reducciones de 8,8 dB del nivel sonoro continuo equivalente ponderado A, LAeq. Dicha reducción representa una disminución de 8 veces la energía sonora. También, se observa que el nivel estadístico LA90, que se utiliza para describir el nivel de ruido de fondo en el periodo de medición en dicha posición, evidencia una reducción de 11,9 dB (16 veces menor respecto de la medición inicial).
- c) Sobre el nivel de techo de la Planta, a 18 m del sistema de ventilación de la sala de salida de potencia, en el entorno lejano de la misma y dentro del predio de la empresa, las emisiones sonoras evidenciaron una reducción de 10,5 dB en el nivel sonoro continuo equivalente ponderado A, LAeq y de 10,6 dB en el nivel estadístico LA90, lo cual cuantifica el nivel de atenuación sonora de la solución de ingeniería de control de ruido ejecutada.
- d) Los niveles de ruido medidos luego de la remediación en condición ventana abierta en los dos domicilios particulares evaluados, determinaron que las principales fuentes de ruido estaban dadas por el tráfico vehicular y fuentes internas de los domicilios (heladeras, relojes, entre otros). Cabe destacar que el nivel sonoro continuo equivalente ponderado A y el nivel estadístico LA90 en ambos casos son bajos y comparables con los valores recomendados para estudios de grabación musical y salas de conciertos.
- e) El análisis de frecuencia de las mediciones realizadas evidencia que el ruido evaluado no presenta características tonales relevantes, siendo por el contrario de carácter continuo y gran contenido espectral. Además, se observa que la solución de ingeniería de control de ruido implementada produce una significativa reducción en todo el espectro audible (Fig. 1).

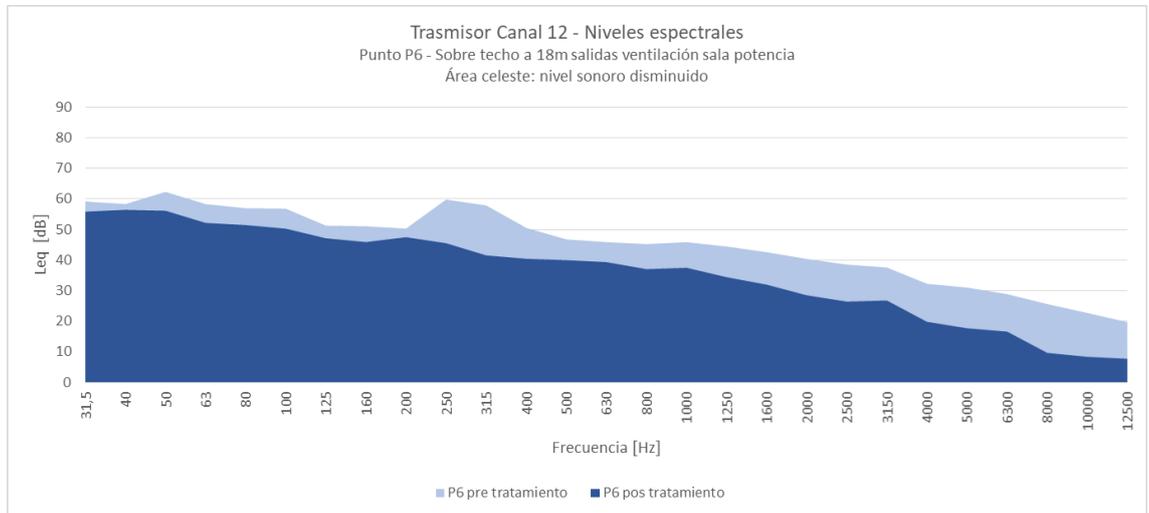


Fig. 1. Comparación del espectro del ruido emitido por la fuente principal pre y pos remediación implementada.

Por otro lado, luego de 9 meses de terminada la intervención no se volvieron a recibir reclamos por parte del centro vecinal. Asimismo, y como otra forma de verificación de la intervención, está previsto que al año de completado el estudio se realicen encuestas a los mismos voluntarios para conocer si la solución evidencia resultados perdurables en el tiempo.

3 Discusión y Conclusiones

A través de la experiencia presentada se propuso una estrategia innovadora e integral para tratar el problema de remediación de ruidos molestos, que consistió en la conformación de un cliente único y una sola demanda dada por la dupla entre la empresa y el centro vecinal, y la inclusión de los propios afectados en el equipo de estudio. El equipo extendido a partir de la interacción y retroalimentación recíproca entre afectados y expertos se encargó de identificar la principal fuente de ruido (mapa de molestias) y evaluar el efecto de las soluciones técnicas de remediación concretada.

Esta forma de interacción donde se compromete a la empresa generadora de ruido y se incluye a los damnificados en el equipo de estudio brinda un medio fértil para comunicar la ciencia de manera práctica, con un impacto social concreto, evitando el monopolio de la información que se produciría si se aceptara a una de las partes como cliente. Además, creemos que la participación de los vecinos fue un factor clave para el análisis del escenario, de la problemática, y la aceptación de las soluciones propuestas. De manera que la ciencia ciudadana en este proceso resultó indispensable en la construcción de conocimientos sociales y la resolución del conflicto.

Consideramos que la democratización en el acceso al conocimiento y tecnologías, en el caso de ruidos molestos a través de la posibilidad de utilizar aplicaciones que hacen una estimación aproximada del nivel de presión sonora mediante smartphones, pueden ser aprovechados para mejorar los estudios de campo integrando a los ciudadanos al equipo de investigación.

En el trabajo con los vecinos encontramos que al igual que lo que se reporta en la literatura, existen diferencias marcadas en sensibilidad respecto a las molestias percibidas por ruido. Resulta interesante notar que se pueden encontrar asociaciones entre diferentes condiciones personales como desórdenes psicológicos o psiquiátricos, problemas de aprendizaje o del lenguaje y niveles de hipersensibilidad al ruido [15] y [16]. Creemos que este es un aspecto que debe ser tratado con extrema cautela ya que puede convertirse en un argumento para trasladar las responsabilidades de los generadores hacia los damnificados.

Finalmente, esta experiencia no se podría haber logrado sin la articulación de la responsabilidad social por parte del centro vecinal, la responsabilidad social empresarial de la compañía y RSU de CINTRA. Los resultados obtenidos nos alientan a replicar la metodología en diversas problemáticas de ruido ambiental y laboral.

Referencias

1. Münzel, T., Schmidt, F. P., Steven, S., Herzog, J., Daiber, A., & Soresen, M.: Environmental noise and the cardiovascular system. *Journal of the American College of Cardiology*, 71 (6) (2018) 688-697.
2. Seidman, M. D., & Stanfring, R.: Noise and quality of life. *International journal of environmental research and public health*, 7(10), (2010) 3730-3738.
3. Serra, M. R., Frassoni, C. A., De Romera, A. M. V., & De Serra, E. C. B.: An interdisciplinary study of urban noise pollution. *International journal of environmental studies*, 42(2-3), (1992) 201-214.
4. Albeverio, S., Andrey, D., Giordano, P., & Vancheri, A.: *The dynamics of complex urban systems: An interdisciplinary approach*. Springer Science & Business Media, Mendrisio, Switzerland (2007).
5. Hofland, A. C., Devilee, J., Van Kempen, E., & Den Broeder, L.: Resident participation in neighbourhood audit tolos - A scoping review. *The European Journal of Public Health*, 28(1), (2017) 23-29.
6. Hecker, S., Haklay, M., Bowser, A., Makuch, Z., & Vogel, J. (Eds.). *Citizen science: innovation in open science, society and policy*. UCL Press (2018).
7. Kontokosta, C. E.: The quantified community and neighborhood labs: A framework for computational urban science and civic technology innovation. *Journal of Urban Technology*, 23(4), (2016) 67-84.
8. Torres, D., Correa, F., Marisi, A., Claramunt, E., Cepeda, V., Lus, L., Ramírez, J.: *Cientópolis: motorizando la ciencia ciudadana*. IV Congreso Internacional Científico y Tecnológico-CONCYT (2017).
9. Arias, C., Ortiz Skarp, A., Hüg, M., Pérez Villalobo, J., Ferreyra, S., Ber-Mejo, F., ... & Kogan, P.: CINTRA: from an interdisciplinary centre on acoustics towards an intra-inter synergetic network. In *Proceedings of Meetings on Acoustics 22 ICA 28(1)*, (2016) 25001-25009.

10. Lercher, P.: Noise in cities: urban and transport planning determinants and health in cities. In *Integrating Human Health into Urban and Transport Planning*. Springer, Cham (2019) 443-481).
11. Guski, R.: Personal and social variables as co-determinants of noise annoyance. *Noise and health*, 1(3), (1999) 45-56.
12. Asensio, C., Gasco, L., & de Arcas, G.: A review of non-acoustic measures to handle community response to noise around airports. *Current Pollution Reports*, 3(3), (2017) 230-244.
13. Rana, R. K., Chou, C. T., Kanhere, S. S., Bulusu, N., & Hu, W.: Ear-phone: an end-to-end participatory urban noise mapping system. In *Proceedings of the 9th ACM/IEEE international conference on information processing in sensor networks*, ACM (2010) 105-116).
14. Maisonneuve, N., Stevens, M., & Ochab, B.: Participatory noise pollution monitoring using mobile phones. *Information Polity*, 15(1, 2), (2010) 51-71.
15. Stansfeld, S. A.: Noise, noise sensitivity and psychiatric disorder: epidemiological and psychophysiological studies. *Psychological medicine monograph supplement*, 22, (1992) 1-
16. Shiue, I.: People with dyslexia and heart, chest, skin, digestive, musculoskeletal, vision, learning, speech and mental disorders were more dissatisfied with neighborhoods: Scottish Household Survey, 2007–2008. *Environmental Science and Pollution Research*, 23(23), (2016) 23840–23853.