


## Artículo original


# Polvo atmosférico sedimentable y ruido ambiental: caso de estudio en la zona centro de Tacna durante la pandemia COVID 19

Settleable atmospheric dust and ambient noise: case study in the central area of Tacna during the COVID-19 pandemic

KYRA ROCÍO COAQUIRA CANLLAHUI<sup>1</sup>

 <https://orcid.org/0000-0003-4691-8880>

WILLIAMS SERGIO ALMANZA QUISPE<sup>2</sup>

 <https://orcid.org/0000-0003-0812-7834>

Recibido: 16/02/2023

Aceptado: 17/06/2023

Publicado: 10/07/2023

<sup>1</sup>Servicio de Seguimiento y Monitoreo de Acciones de Fiscalización Ambiental, MDGAL, Tacna, Perú

<sup>2</sup>Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica, Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann, Tacna, Perú

E-mail: <sup>1</sup>coaquirakyr98@gmail, <sup>2</sup>walmanzaq@unjbg.edu.pe



## Resumen

Se evaluó la concentración de Polvo Atmosférico Sedimentable (PAS) y se monitoreó el ruido ambiental en el centro de la ciudad de Tacna. El objetivo fue determinar si los valores obtenidos excedían los valores recomendados por la Organización Mundial de la Salud ( $0,5 \text{ mg/cm}^2/30$  días) para el polvo atmosférico y los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para el ruido. Para evaluar el PAS, se instalaron cuatro estaciones de monitoreo utilizando el método de placas receptoras. El monitoreo del ruido se realizó en nueve puntos, siguiendo el Protocolo Nacional de Monitoreo de Ruido Ambiental. Se encontró que todos los puntos monitoreados excedían los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para el ruido y no se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre las concentraciones de polvo atmosférico ni entre las mediciones de ruido en los años 2017 y 2021. Por lo tanto, se concluye que los valores registrados antes de la pandemia y durante esta no difirieron significativamente.

**Palabras clave:** Polvo atmosférico sedimentable; ruido ambiental; monitoreo.

## Abstract

The concentration of Settleable Atmospheric Dust (SAD) and the ambient noise were monitored and evaluated in the downtown area in the city of Tacna. The objective was to determine if the obtained values exceeded the recommendations by the World Health Organization for atmospheric dust ( $0.5 \text{ mg/cm}^2/30$  days), and the National Environmental Quality Standards for noise. Four monitoring stations were installed to assess SAD using the receptor plate method. The noise monitoring was conducted at nine points following the National Protocol for Ambient Noise Monitoring. It was found that all monitored points exceeded the National Environmental Quality Standards for noise, and no statistically significant differences were found between the concentrations of atmospheric dust nor the noise measurements in the years 2017 and 2021. Therefore, it can be concluded that the recorded values before and during the pandemic did not significantly differ.

**Keywords:** settleable atmospheric dust; ambient noise; monitoring.

## 1. Introducción

La enfermedad de Covid-19 es causada por el coronavirus conocido como SARS-CoV-2. Hasta diciembre de 2019, este virus era desconocido y se originó en China, propagándose rápidamente por todo el mundo y siendo declarado como una pandemia por la OMS. Hasta la fecha, se han registrado aproximadamente 188 millones de casos positivos en todo el mundo, con un número de fallecidos de 4 065,400. Por lo tanto, los países implementaron la inmovilización social obligatoria (ISO) con el objetivo de aislar la fuente del brote de COVID-19. Como resultado, hubo un menor número de vehículos de motor y se suspendió la operación de las industrias, lo que redujo las emisiones de contaminantes peligrosos al aire en la atmósfera (Samsuri et al., 2020). Por lo tanto, en la mayoría de los casos, ha habido un impacto positivo en los índices de calidad del aire, ya que antes de la pandemia se han realizado diversos estudios que demuestran los efectos negativos del PAS sobre la salud de las personas, la infraestructura y las plantas (Alahmr et al., 2012; Jaradat et al., 2014; Morales-Casa et al., 2020). Estos efectos parecen haber disminuido durante la etapa de la pandemia.

Es importante destacar que tanto la contaminación atmosférica como la contaminación acústica son problemas que deben recibir mayor atención, no solo por el daño ambiental que pueden causar, sino también por sus efectos en la salud pública. La generación de polvo atmosférico puede provocar problemas respiratorios, mientras que la exposición al ruido puede causar problemas físicos (como dolor de cabeza, hipertensión y fatiga) y problemas psicológicos (como irritabilidad, histeria y neurosis).

Por otro lado, la contaminación por ruido se ha convertido en un riesgo crítico para la salud en las grandes urbes. En 2020, la pandemia de COVID-19 obligó a muchas ciudades a implementar diversas restricciones de movilidad. Estas restricciones cambiaron los patrones de actividad humana y redujeron los niveles de contaminación acústica que a menudo afectan a los entornos urbanos (Velasategui-Montoya et al., 2023).

Por tal razón, este estudio se realizó con la finalidad de evaluar el ruido ambiental y la concentración de PAS en el centro de la ciudad de Tacna, y de esta forma comparar los resultados con estudios realizados antes de la pandemia para determinar la diferencia en las concentraciones de polvo atmosférico ( $\text{mg}/\text{cm}^2/30$  días) y en los niveles de decibeles (dB) entre un escenario sin la problemática del Covid-19 y uno en estado de pandemia por SARS-CoV-2.

## 2. Metodología

### 2.1. Monitoreo de PAS

Se utilizó el método de Placas Receptoras para llevar a cabo el monitoreo del PAS. Posteriormente, los datos obtenidos se compararon con estudios realizados antes de la pandemia de COVID-19 y con los valores guía establecidos por la OMS.

Se seleccionaron cuatro puntos de monitoreo (EM01, EM02, EM03, EM04) como se muestra en la Tabla 1. Estos puntos se ubicaron en la zona centro de la ciudad de Tacna, caracterizada por su proximidad a establecimientos comerciales y un alto flujo de vehículos de transporte.

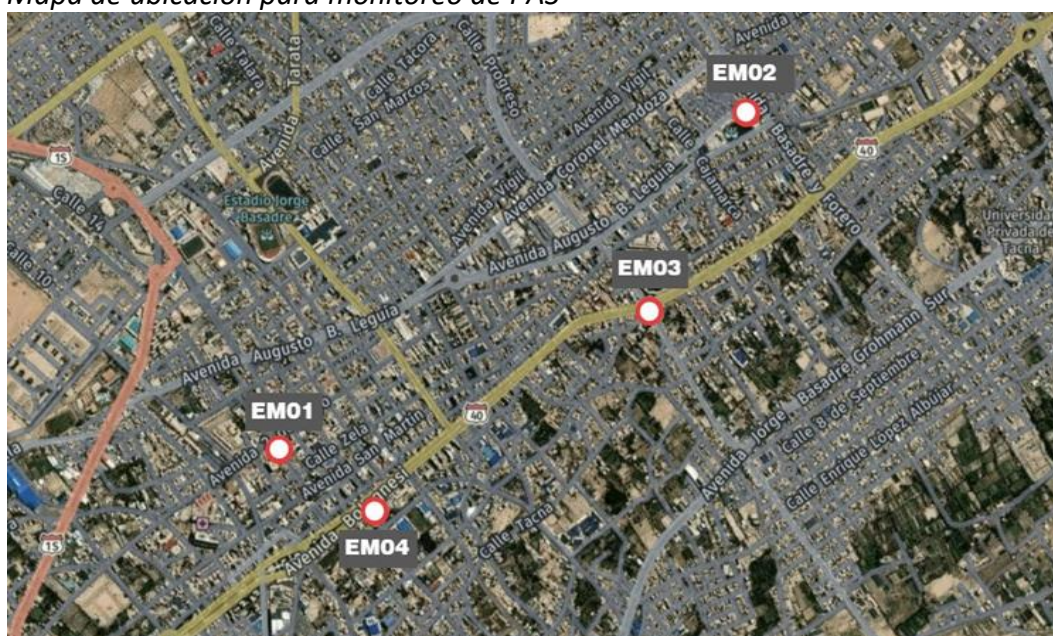
**Tabla 1**

*Ubicación de estaciones de monitoreo de PAS*

Estación	Punto de monitoreo	Coordenadas UTM	
EM01	Compañía de bomberos N.º 24	19K	367348 8008022
EM02	Centro de salud Bolognesi	19K	369231 8009307
EM03	Av. Bolognesi/Av. Pinto	19K	368841 8008533
EM04	SERPOST	19K	367758 8007756

**Figura 1**

*Mapa de ubicación para monitoreo de PAS*



*Nota.* Mapa extraído de la Base catastral de la Municipalidad Provincial de Tacna.

El procedimiento consistió en realizar la limpieza y etiquetado correspondiente de cada placa, seguido de la aplicación de una capa uniforme de vaselina en la superficie de cada una. Se registró el peso inicial de cada placa receptora y luego se transportaron en contenedores herméticos al punto de monitoreo. Una vez realizada la georreferenciación de cada punto, las placas receptoras se colocaron en la estructura metálica y se dejaron al aire libre durante un período de 30 días.

Después de transcurridos los 30 días, se retiraron las placas y se reemplazaron por nuevas el mismo día, de manera que el tiempo total de muestreo fuera de 60 días. Las placas recolectadas se trasladaron al laboratorio para determinar su peso final. Finalmente, se llevaron a cabo los cálculos necesarios para determinar la concentración de PAS.

Para determinar el peso final de la placa:



$$W_{final} = W_{placa} + W_{vaselina} + WPAS \tag{1}$$

Para obtener el peso del PAS, se realiza el siguiente cálculo:

$$W_{final} - W_{inicial} = \Delta W = WPAS \tag{2}$$

La concentración de PAS se halla mediante la siguiente ecuación:

$$C = \frac{AW \times 30}{Area} \tag{3}$$

Donde:

W = Peso en miligramos (mg)

$\Delta W$  = Diferencia de pesos en miligramos (mg)

WPAS = Peso del PAS

C = Concentración de PAS (mg/cm<sup>2</sup> x 30 días)

A = Área de la placa = L x L (cm<sup>2</sup>)

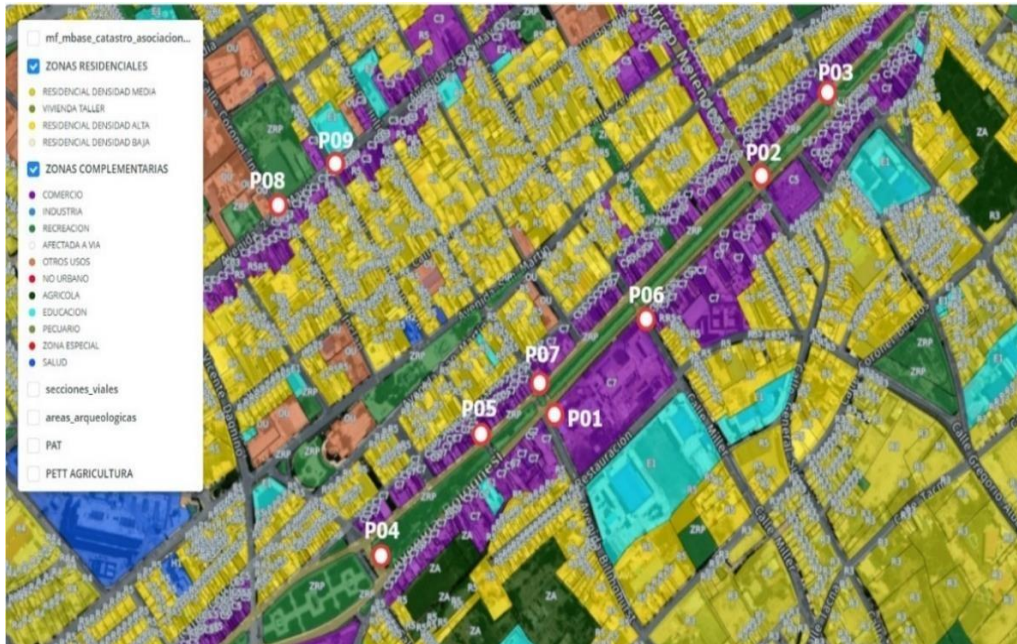
## 2.2. Monitoreo del ruido

Para el monitoreo de ruido, se utilizó la metodología establecida por el Ministerio del Ambiente (MINAM) conocida como el Protocolo Nacional de Monitoreo de Ruido Ambiental. Se establecieron un total de nueve puntos de monitoreo (tabla 2).

**Tabla 2**  
*Ubicación de las estaciones para monitoreo de ruido*

N°	Punto de Monitoreo	Coordenadas UTM	
P01	Av. Bolognesi / Av. Billinghamurst	19K	367756 8007787
P02	Av. Bolognesi / Av. Pinto	19K	3680667 8008064
P03	Av. Bolognesi / calle Moquegua	19K	368165 8008167
P04	Av. Bolognesi / calle Chiclayo	19K	367489 8007618
P05	Av. Bolognesi / calle Alfonso Ugarte	19K	367672 8007748
P06	Av. Bolognesi / calle Miller	19K	367890 8007894
P07	Av. Bolognesi / 28 de Julio	19K	367738 8007811
P08	calle Cnel. Inclán / Av. 2 de mayo	19K	367434 8008077
P09	calle Hipólito Unanue / Av. 2 de mayo	19K	367354 8008018

**Figura 2**  
 Mapa de ubicación para monitoreo de ruido



*Nota.* Puntos de monitoreo se ubicaron en el mapa extraído del Plan de desarrollo urbano Tacna 2015 – 2025, de acuerdo a la Municipalidad Provincial de Tacna.

El procedimiento de monitoreo consistió en ubicar el punto de monitoreo y georreferenciarlo. Luego, se procedió a instalar el trípode y ensamblar cada componente del sonómetro a una altura de 1,5 m, con el micrófono orientado hacia el tráfico vehicular. La medición en cada punto de monitoreo tuvo una duración de 10 minutos, registrando los niveles LAeqT, Lmáx y Lmin. Se empleó el sonómetro de clase 1 Modelo LxT1 Larson Davis.

### 3. Resultados y discusiones

Los resultados del monitoreo de PAS en el centro de la ciudad de Tacna, durante los meses de mayo y junio de 2021, muestran que en el primer mes de monitoreo, se registró la concentración más alta de PAS en la estación EM04, con un valor de 0,933 mg/cm<sup>2</sup>/30 días. Por otro lado, la concentración más baja se registró en la estación EM03, con un valor de 0,266 mg/cm<sup>2</sup>/30 días. En el segundo mes de monitoreo, la concentración más alta de PAS se registró en la estación EM03, con un valor de 13,149 mg/cm<sup>2</sup>/30 días. Mientras que la concentración más baja se midió en la estación EM01, con un valor de 0,191 mg/cm<sup>2</sup>/30 días.

En ambos meses, se puede observar que la estación EM01 se encontraba por debajo del valor establecido por la OMS (0,5 mg/cm<sup>2</sup>/30 días). Sin embargo, la estación EM02 superó el valor de la OMS en ambos meses. En la estación EM03, se registró un valor inferior en el primer mes, mientras que en el segundo mes superó los valores límite. Por último, en la estación EM04 se excedió el valor límite en ambos meses. En la Tabla 3 se muestran los resultados generales del monitoreo de PAS.

**Tabla 3**  
*Concentración de PAS (mg/cm<sup>2</sup>/30 días)*

Estación	Punto de monitoreo	PAS (mg/cm <sup>2</sup> /30 días)	
		Mayo	Junio
EM01	Compañía de bomberos N° 24	0,387	0,19
EM02	Centro de salud Bolognesi	0,621	0,79
EM03	Av. Bolognesi/Av. Pinto	0,266	13,149
EM04	SERPOST	0,933	0,894

*Nota.* El valor límite de PAS establecido por la OMS es de 0,5 mg/cm<sup>2</sup>/30 días.

Para el monitoreo de ruido ambiental, se utilizó como referencia el *Plan de Desarrollo Urbano y Zonificación de Tacna 2015-2025* de la Municipalidad Provincial de Tacna, y se compararon los resultados obtenidos con los Estándares de Calidad Ambiental correspondientes al ruido en cada punto de monitoreo.

De acuerdo al Plan de Zonificación, se identificó una Institución Educativa en las afueras de la zona comercial, como se observa en la Figura 2, considerándose una zona de protección especial según lo indica el D.S. N.° 085-2003-PCM. Los datos obtenidos se muestran en la Tabla 4.

**Tabla 4**  
*Resultados de la medición de ruido ambiental*

N°	LAeqT	Lmáx	Lmín
P01	75,2	88,6	61,1
P02	72,7	87,1	60,1
P03	76,1	96,2	58,6
P04	71,6	87,9	56,6
P05	72,2	87,1	56,7
P06	72,6	89,5	59,1
P07	74,1	94,0	54,8
P08	75,0	93,8	57,1
P09	73,4	91,9	58,3

*Nota.* Los Puntos P01 al P08 se clasifican como zona comercial y el P09 como zona de protección especial. Según el D.S. N.° 085-2003, el ECA para zona comercial (70 dBA) y Zona de Zona de proteccionespecial (50dBA)

Se realizaron comparaciones entre los niveles de ruido obtenidos y los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental establecidos para el ruido en la Zona Comercial (70 dBA) y la

Zona de Protección Especial (50 dBA). En la Tabla 5 se observa que en los nueve puntos monitoreados se excedieron los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental durante el horario diurno, tanto en la Zona Comercial (P01, P02, P03, P04, P05, P06, P07 y P08) como en la Zona de Protección Especial (P09), según lo especificado en el D.S. N.° 085-2003-PCM.

El promedio más alto se registró en el punto P03 (Av. Bolognesi con calle Moquegua) con un nivel de 76,1 dBA, mientras que el promedio más bajo se registró en el punto P04 (Av. Bolognesi con calle Chiclayo) con un nivel de 71,6 dBA.

Al comparar las concentraciones de PAS antes y durante la etapa del COVID-19, se muestra la Tabla 5.

**Tabla 5**

*Concentración de PAS en 2017 y el 2021, según puntos de monitoreo*

Estación	Punto de monitoreo	PAS (mg/cm <sup>2</sup> /30 días)	
		2017	2021
EM01	Compañía de bomberos N.° 24	0,41	0,29
EM02	Centro de salud Bolognesi	0,54	0,71
EM03	Av. Bolognesi/Av. Pinto	1,16	6,71
EM04	SERPOST	1,82	0,91

*Nota.* Concentración de máxima de PAS según la OMS; 0,5 mg/cm<sup>2</sup>/30 días. SERPOST; Servicios postales.

Como se puede observar, en ambos casos, solo una de las estaciones monitoreadas cumple con el valor recomendado por la OMS (0,5 mg/cm<sup>2</sup>/30 días). Se destaca que la concentración de PAS en la EM01 fue mayor en 2017 que en 2021, con una diferencia de 0,12 mg/cm<sup>2</sup>/30 días. Por otro lado, en la EM02 se registró la mayor concentración de PAS en el año 2021, con una diferencia de 0,17 mg/cm<sup>2</sup>/30 días. En la EM03, se registró el valor más alto en el año 2021, con una diferencia de 5,55 mg/cm<sup>2</sup>/30 días. Por último, en la EM04, la mayor concentración de polvo atmosférico se registró en 2017, con una diferencia de pesos de 0,91 mg/cm<sup>2</sup>/30 días en comparación con 2021. Estos valores registrados en ambos periodos difieren de los encontrados por Alahmr et al. (2012), quienes hallaron tasas de deposición de polvo total cercanas a 0,465 mg/cm<sup>2</sup>/30 días.

Es notorio que al comparar las concentraciones de PAS entre 2018 y 2021, el 50 % de las estaciones presentaron concentraciones mayores durante la etapa del COVID-19, mientras que en las restantes la mayor concentración ocurrió antes de la pandemia.

Un factor influyente en la disminución del polvo atmosférico en la EM01 podría ser la reducción de actividades de la población en la zona. Por otro lado, el aumento de polvo sedimentable registrado en la EM02 estaría relacionado con la afluencia de personas debido a la flexibilización del confinamiento que dispuso el estado. La EM03, ubicada en una vía principal y en una zona crítica con alto flujo vehicular, mostró un incremento en la concentración de polvo atmosférico, posiblemente debido a que las personas prefieren hacer uso de vehículos particulares. En investigaciones similares, también se sugiere que la procedencia del polvo atmosférico es del desierto, la corteza terrestre, el suelo y las actividades antropogénicas, como la quema de combustibles fósiles (Wang et al., 2015).



Niveles de Presión Sonora antes y durante la etapa del COVID-19

**Tabla 7**

*Niveles de ruido ambiental en el 2018 y el 2021*

N°	LAeqT		L máx.		L min	
	2018	2021	2018	2021	2018	2021
P01	71,2	75,2	85,9	88,6	59,2	61,1
P02	72,8	72,7	88,1	87,1	60,2	60,1
P03	72,3	76,1	87,7	96,2	60,5	58,6
P04	72,6	71,6	88,7	87,9	60,6	56,6
P05	75,6	72,2	96,0	87,1	62,4	56,7
P06	72,0	72,6	86,6	89,5	59,8	59,1
P07	73,1	74,1	90,5	94,0	62,4	54,8
P08	71,4	75,0	88,5	93,8	55,1	57,1
P09	72,6	73,4	90,7	91,9	58,5	58,3

*Nota. El ECA, según el D.S. N.° 085-2003 para zonas comerciales es 70 dBA Y para zonas de protección especial 50 dBA.*

Los niveles de presión sonora LAeqT registrados en 2021 en los puntos P01, P03, P06, P07, P08 y P09, superan los registrados en 2018. Por otro lado, los valores registrados en P02, P04 y P05 en 2021 son menores que los registrados en 2018.

Se destaca que en el 67 % de los puntos monitoreados se registraron niveles de ruido ambiental más altos en 2021. En el 33 % restante, los niveles más altos se registraron antes de la pandemia. No obstante, la diferencia no fue significativa.

## 4. Conclusiones

La concentración de PAS en las estaciones de monitoreo EM01 y EM04 registrada en 2021 fue menor que en 2017, mientras que en las estaciones EM02 y EM03 la concentración aumentó. El promedio de los niveles de ruido ambiental registrados en 2021 es de 73,64 dBA, ligeramente mayor que el promedio de los niveles registrados en 2018 (72,62). Estadísticamente, no resulta significativo.

A pesar de la aparición de la pandemia de Covid-19 y las restricciones impuestas por el Estado, no se han observado alteraciones significativas en la calidad del aire o los niveles de ruido ambiental. No existe diferencia estadística en las concentraciones de polvo atmosférico entre los años 2017 y 2021. Lo mismo ocurre con los niveles de ruido ambiental, donde no se encontró diferencia estadística entre los niveles actuales y los registrados antes de la pandemia.

También se encontró que el PAS en algunas estaciones monitoreadas (EM02, EM03 y EM04) superó el valor guía recomendado por la OMS de 0,5 mg/cm<sup>2</sup>/30 días, registrando valores de 0,71 mg/cm<sup>2</sup>/30 días, 6,71 mg/cm<sup>2</sup>/30 días y 0,91 mg/cm<sup>2</sup>/30 días, respectivamente. Por otro lado, en la estación EM01, la generación de PAS fue de 0,29 mg/cm<sup>2</sup>/30 días, siendo la única estación que cumplió con la recomendación de la OMS.

En cuanto a la medición del ruido ambiental, los nueve puntos monitoreados en este estudio excedieron los valores establecidos en el Estándar Nacional de Calidad Ambiental para la Zona Comercial y la Zona de Protección Especial, con valores que oscilaron entre 71,6 dBA y 76,1 dBA.

## 5. Referencias Bibliográficas

- Alahmr, F. O. M., Othman, M., Abd Wahid, N. B., Halim, A. A., & Latif, M. T. (2012). Compositions of dust fall around semi-urban areas in Malaysia. *Aerosol and Air Quality Research*, 12(4), 629-642. <https://doi.org/10.4209/aaqr.2012.02.0027>
- Decreto Supremo N° 003-2017-MINAM. [Ministerio del Ambiente]. Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Aire y establecen Disposiciones Complementarias. 07 de junio de 2017.
- Decreto Supremo N° 085-2003-PCM. [Ministerio del Ambiente]. Aprueban el Reglamento de Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Ruido. 30 de octubre de 2003.
- Diario Oficial El Peruano. (2021). Decreto Supremo que prorroga la Emergencia Sanitaria declarada por Decreto Supremo N° 008-2020-SA, prorrogada por Decretos Supremos N° 020-2020-SA, N° 027-2020-SA y N° 031-2020-SA. El peruano. <https://busquedas.elperuano.pe/normaslegales/decreto-supremo-que-prorroga-la-emergencia-sanitaria-declara-decreto-supremo-n-009-2021-minsa-1929103-4/>
- Jaradat, Q. M., Momani, K. A., Jbarah, A. -. Q., & Massadeh, A. (2004). Inorganic analysis of dust fall and office dust in an industrial area of Jordan. *Environmental Research*, 96(2), 139-144. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2003.12.005>
- Morales-Casa, V., Barraza, F., Collante, E., Ginocchio, R., Jorquera, H., Lambert, F., . . . Varas, J. (2020). Sedimentation rate of settleable particulate matter in Santiago city, Chile. *Environmental Quality Management*, 29(3), 17-25. <https://doi.org/10.1002/tqem.21672>
- Murphy, E., King, E., & Rice, H. (2009). Estimating human exposure to transport noise in central Dublin, Ireland". *Environment International*. Vol. 35, No 2. SciELO
- Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental. (2016). La contaminación sonora en Lima y Callao. Ministerio del Ambiente. [https://www.oefa.gob.pe/?wpfb\\_dl=19087](https://www.oefa.gob.pe/?wpfb_dl=19087)
- Organización Mundial de la Salud. (2020). Información básica sobre la COVID-19. <https://www.who.int/es/news-room/q-a-detail/coronavirus-disease-covid-19>
- Samsuri Abdullah, Amalina Abu Mansor, Nur Nazmi Liyana Mohd Napi, Wan Nurdiyana Wan Mansor, Ali Najah Ahmed, Marzuki Ismail, Zamzam Tuah Ahmad Ramly, (2020) Air quality status during 2020 Malaysia Movement Control Order (MCO) due to 2019 novel coronavirus (2019-nCoV) pandemic, *Science of The Total Environment*. Volume 729. 139022. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.139022>.
- Saquisilí, S. (2015). Evaluación de la contaminación acústica en la zona urbana de la ciudad de Azogues. [Tesis de titulación, Universidad de Cuenca]. Repositorio Institucional – Universidad de Cuenca.
- Velastegui-Montoya, A., Guerrero-Cabrera, G., Gonzalez-Camba, S., Jaramillo-Lindao, Y.,

- Murillo-Portillo, R., Hidalgo-Crespo, J., & Encalada-Abarca, L. (2023). Acoustic contamination assessment during the transition between the COVID-19 restrictions and reactivation: A exploratory analysis in guayaquil. *Geography and Sustainability*, 4(2), 138-149. <https://doi.org/10.1016/j.geosus.2023.02.001>
- Wang, H., Ma, J., & He, Q. (2015). Mass concentration and composition of TSP in kashgar, xinjiang, china. *Arabian Journal of Geosciences*, 8(9), 6723-6730. <https://doi.org/10.1007/s12517-014-1745-8>