

Contaminación del aire por partículas sedimentables en domicilios en la zona urbana de la Provincia de Leoncio Prado, Departamento de Huánuco

Air pollution by sedimentable particles in homes in the urban area of the Province of Leoncio Prado, Department of Huánuco

Kheffinir Livia¹ , Manuel E. Reátegui-Inga² , Casiano Aguirre³ , Jorge Cabrejos⁴  y Reiner Reátegui⁵ 

RESUMEN

El estudio tuvo como objetivo evaluar la contaminación del aire por partículas sedimentables en domicilios en la zona urbana de la Provincia de Leoncio Prado, Departamento de Huánuco. El tipo de estudio fue transversal y de nivel descriptivo, la muestra estuvo conformada por 12 zonas de monitoreo. Para el diseño del soporte de placas receptoras, la recolección de muestras y cálculos de la concentración de partículas sedimentables se utilizó los procedimientos del Boletín Oficial del Estado de 1976. Los resultados indican que para la zona de la Av. Amazonas fue de 0.372 mg/cm²/mes, Jr. Julio Burga 0.384 mg/cm²/mes, Av. Raymondi 0.430 mg/cm²/mes, Naranjillo Centro 0.478 mg/cm²/mes, Electrocentro 0.633 mg/cm²/mes, Naranjillo Entrada 0.705 mg/cm²/mes, Afilador 0.722 mg/cm²/mes, Av. Raymondi 0.955 mg/cm²/mes, Brisas del Huallaga 0.966 mg/cm²/mes, Castillo Grande Entrada 0.989 mg/cm²/mes, Supte San Jorge 1.018 mg/cm²/mes y Castillo Grande Centro 1.148 mg/cm²/mes. En conclusión, existió 8 zonas de monitoreo que excedieron los Límites Máximos Permisibles (LMP) de 0.5 mg/cm²/mes establecidas por la Organización Mundial de la Salud (OMS).

Palabras clave: Partículas sedimentables solubles, partículas sedimentables insolubles, límites máximos permisibles.

ABSTRACT

The objective of the study was to evaluate air pollution by sedimentable particles in homes in the urban area of Leoncio Prado Province, Department of Huánuco. The type of study was cross-sectional and descriptive; the sample consisted of 12 monitoring zones. For the design of the receiving plate support, sample collection and calculations of the concentration of sedimentable particles, the procedures of the 1976 Official State Gazette were used. The results indicate that for the Amazonas Avenue zone it was 0.372 mg/cm²/month, Jr. Julio Burga 0.384 mg/cm²/month, Raymondi Avenue 0.430 mg/cm²/month, Naranjillo Centro 0.478 mg/cm²/month, Electrocentro 0.633 mg/cm²/month, Naranjillo Entrada 0.705 mg/cm²/month, Afilador 0.722 mg/cm²/month, Av. Raymondi 0.955 mg/cm²/month, Brisas del Huallaga 0.966 mg/cm²/month, Castillo Grande Entrada 0.989 mg/cm²/month, Supte San Jorge 1.018 mg/cm²/month and Castillo Grande Centro 1.148 mg/cm²/month. In conclusion, there were 8 monitoring zones that exceeded the Maximum Permissible Limits (MPL) of 0.5 mg/cm²/month established by the World Health Organization (WHO).

Keywords: Soluble settleable particles, insoluble settleable particles, maximum permissible limits.

DOI: <https://doi.org/10.37787/pakamuros-unj.v9i4.236>

Recibido: 01/08/2021. Aceptado: 06/10/2021

* Autor para correspondencia

1. Maxtech SAC, Perú. Email: xiomarakl19@hotmail.com
2. Universidad Nacional de Juliaca, Perú. Email: manuel.reategui@hotmail.com
3. Universidad Nacional Agraria de la Selva, Perú. Email: casiano.aviriri@gmail.com
4. Universidad Nacional de Jaén, Perú. Email: jorge_cabrejos@unj.edu.pe
5. Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios, Perú. Email: zotec2005@hotmail.com

INTRODUCCIÓN

Las concentraciones de partículas sedimentables en la atmósfera provienen en su mayoría por fuentes de emisiones antrópicas (industrias, quema agrícola, combustión de combustibles fósiles, etc.), conforme las ciudades se expanden sin ninguna medida de regulación empieza agravarse la contaminación (Salini, 2014).

En el mundo el incremento poblacional conjuntamente con el desarrollo de las industrias ha venido impactando de manera significativa la calidad del aire en estos últimos años, especialmente las partículas atmosféricas sedimentables que son evidentes en los países donde el parque automotor se ha desarrollado grandemente (Ghafari et al., 2021). En el Perú, la ciudad con mayor contaminación por partículas sedimentables es Lima, que ha sido catalogada por la Organización Mundial de la Salud (OMS) como una de las más contaminantes a nivel mundial por su elevada actividad industrial que se desarrolla y que va en aumento cada año (Silva et al., 2017).

En la zona urbana de la ciudad de Tingo María el incremento del transporte vehicular y la existencia de pistas no asfaltadas hacen que las partículas sedimentables estén presentes en el aire que pueden ser diversos de acuerdo a su tamaño, forma y composición, que está en función al origen (Environmental Protection Agency [EPA], 2021a).

El parque automotor es una de las principales fuentes de contaminación del aire por las emisiones de gases que producen en la combustión, que a su vez tiene influencia en las concentraciones de partículas sedimentables (Sander et al., 2015). La exposición a estos contaminantes trae efectos sobre la salud a largo plazo, que están relacionados con latidos irregulares, asma agravada, función pulmonar reducida, irritación en las vías respiratorias y en el peor de los casos muerte temprana en personas con enfermedades cardíacas o pulmonares, de igual forma las partículas finas y ultrafinas son los que tienen un mayor daño a la salud (Li et al, 2017; EPA, 2021b).

En este sentido, el objetivo del estudio fue evaluar la contaminación del aire por partículas sedimentables en domicilios de la zona urbana en la Provincia de Leoncio Prado, Departamento de Huánuco. Por lo tanto, se espera una mayor concentración de partículas sedimentables en Supte San Jorge, Castillo Grande Centro, Brisas del Huallaga y Afilador.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio fue de tipo transversal y nivel descriptivo (Hernández-Sampierri et al., 2014), se llevó a cabo entre abril a setiembre de 2016, donde se tomaron 12 zonas de monitoreo (Tabla 1) en la zona urbana de

la Provincia de Leoncio Prado, Departamento de Huánuco (Figura 1), el criterio para la elección de las zonas de monitoreo fue la mayor afluencia de tráfico vehicular (Zavala, 2014; Reátegui, 2015; Ayala y Beteta, 2016; Ramos, 2019). La investigación se desarrolló en 3 fases: campo, laboratorio y gabinete siguiendo los procedimientos del Boletín Oficial del Estado [BOE] (1976).

Tabla 1. Coordenadas UTM de las zonas de monitoreo.

Puntos	Zonas de monitoreo	Coordenadas UTM	
		Este (m)	Norte (m)
P1	Supte San Jorge	392903	8973185
P2	Afilador	390891	8669300
P3	Brisas del Huallaga	389844	8970571
P4	Castillo Grande Entrada	389441	8971765
P5	Castillo Grande Centro	389164	8973736
P6	Av. Raymondi Cdra. 3	391686	8971946
P7	Jr. Julio Burga Cdra. 4	390564	8972576
P8	Av. Amazonas Cdra. 6	390413	8972044
P9	Av. Raymondi Cdra. 9	390225	8972609
P10	Electrocentro	390895	8973078
P11	Naranjillo Centro	391244	8975932
P12	Naranjillo Entrada	390795	8977359

Fase de campo

Se realizó mediante la gestión de los permisos necesarios a los dueños de las casas por cada punto de monitoreo para posteriormente realizar la instalación de las placas receptoras. El soporte de las placas receptoras contó con una altura de 30 cm y una plataforma interior cubierta con una malla metálica de 25 mm, esto con el fin de proteger la placa de vectores (insectos, roedores, etc.) (Figura 2). Por último, se codificó las placas para una mejor identificación a la hora de analizar las muestras en el laboratorio.



Figura 2. Diseño del soporte de la placa receptora basado en Silva y Montoya, 2008.

Para la toma de muestras se utilizó el método de muestreo pasivo o placas receptoras (Silva y Montoya, 2008), donde las placas fueron ubicadas en el interior de las casas de las 12 zonas de monitoreo, para ser recolectadas al finalizar cada mes.

Fase de laboratorio

Para el análisis de laboratorio se realizó siguiendo el procedimiento para la determinación del nivel de inmisión de partículas sedimentables (BOE, 1976).

Partículas sedimentables solubles

Se pesó el vaso de precipitación vacío seguidamente se llenó con 100 ml de agua de los puntos de monitoreo recolectado, finalmente fue llevado a la estufa para su evaporación. Las partículas sedimentables solubles se determinaron mediante la diferencia de peso del vaso de precipitación vacío y el vaso de precipitación con la muestra evaporada.

Partículas sedimentables insolubles

Se pesó la placa Petri con el papel filtro (sin muestra), posteriormente se filtró el agua de la muestra para luego ser llevado a la estufa a 105 °C. Las partículas sedimentables insolubles se determinaron mediante la diferencia del papel filtro (sin muestra) y el papel filtro con la muestra evaporada.

Fase de gabinete

Para el cálculo de las variables se utilizó las fórmulas establecidas por BOE (1976) y fueron procesadas en el programa Excel 2016.

a) Cálculo de la concentración de las partículas sedimentables solubles (PSS)

Se calculó mediante la Ecuación (1):

$$PSI = \frac{(P_{final} - P_{inicial})}{A \times T} \quad (1)$$

Donde:

P_{final}: Peso del vaso de precipitación con la muestra (mg)

P_{inicial}: Peso inicial del vaso de precipitación (mg)

A: Área del recipiente recolector (706.86 cm²)

T: Tiempo de muestreo (mes)

b) Para el cálculo de la concentración de partículas sedimentables insolubles (PSI), se determinó mediante la Ecuación (2):

$$PSI = \frac{(P_{final} - P_{inicial})}{A \times T} \quad (2)$$

Donde:

P_{final}: Peso del filtro con la muestra (mg)

P_{inicial}: Peso inicial del filtro (mg)

A: Área del recipiente recolector (706.86 cm²)

T: Tiempo de muestreo (mes)

c) Cálculo de la concentración de partículas sedimentables totales (solubles e insolubles) (PST), se obtuvo con la siguiente fórmula:

$$PST = PSS + PSI \quad (3)$$

Donde:

PSS: Concentración de partículas sedimentables solubles (mg/m²/mes)

PSI: Concentración de partículas sedimentables insolubles (mg/m²/mes).

RESULTADOS

En la Figura 3 las concentraciones de partículas sedimentables solubles, se obtuvo mayor concentración en el mes de abril en la zona Castillo Grande Centro (CC) con 1.454 mg/cm²/mes y menor en el mes de julio en la Av. Amazonas (AA) con 0.154 mg/cm²/mes.

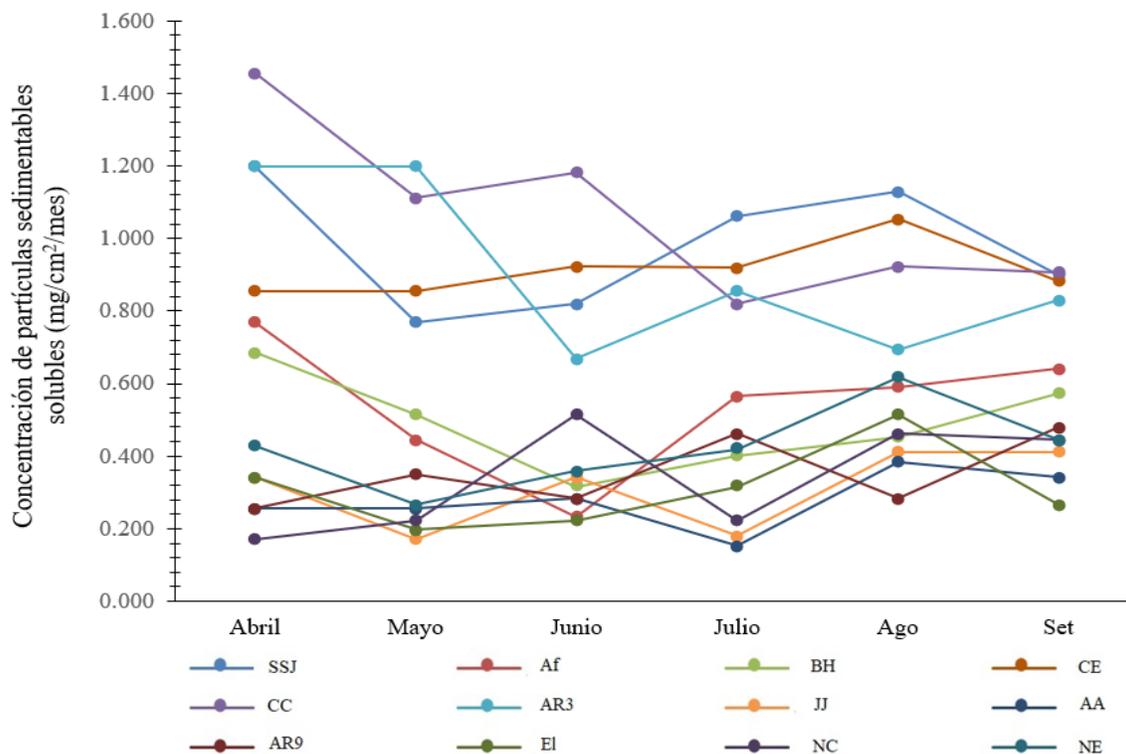


Figura 3. Concentración de las partículas sedimentables solubles por mes; SSJ= Supte San Jorge, Af= Afilador, BH= Brisas del Huallaga, CE= Castillo Grande Entrada, CC= Castillo Grande Centro, AR3= Av. Raymondi Cdra. 3, JJ= Jr. Julio Burga Cdra. 4, AA= Av. Amazonas Cdra. 6, AR9= Av. Raymondi Cdra.9, El= Electrocentro, NC= Naranjillo Centro y NE= Naranjillo Entrada.

Con respecto a las concentraciones de partículas sedimentables insolubles en los meses de evaluación, se observa en la Figura 4 que la mayor concentración fue en el mes de julio en las Brisas del Huallaga (BH) con $0.572 \text{ mg/cm}^2/\text{mes}$ y menor en el mes de abril en Supte San Jorge (SSJ) con $0.014 \text{ mg/cm}^2/\text{mes}$.

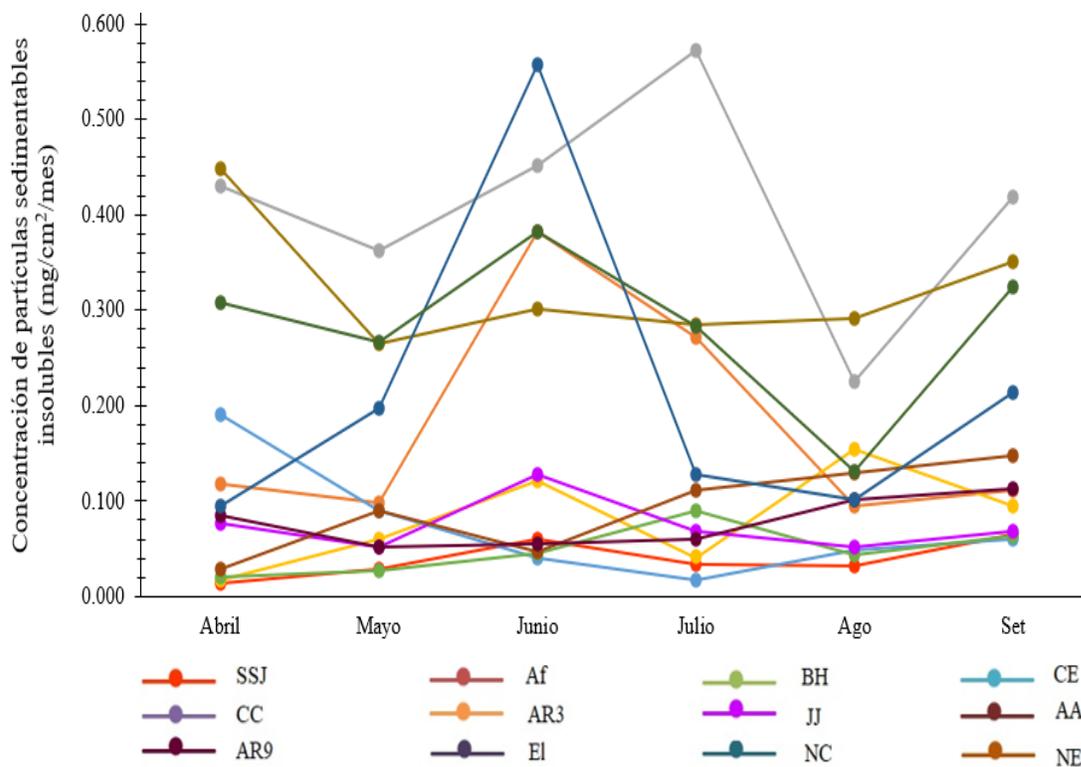


Figura 4. Concentración de las partículas sedimentables insolubles por mes; SSJ= Supte San Jorge, Af= Afilador, BH= Brisas del Huallaga, CE= Castillo Grande Entrada, CC= Castillo Grande Centro, AR3= Av. Raymondi Cdra. 3, JJ= Jr. Julio Burga Cdra. 4, AA= Av. Amazonas Cdra. 6, AR9= Av. Raymondi Cdra.9, El= Electrocentro, NC= Naranjillo Centro y NE= Naranjillo Entrada.

Lo concerniente a las concentraciones de partículas sedimentables totales (solubles e insolubles) se muestra en la Figura 5, las zonas que excedieron los LMP de partículas atmosféricas sedimentables $0.5 \text{ mg/cm}^2/\text{mes}$ (Organización Mundial de la Salud [OMS], 2005) fueron: Electrocentro ($0.633 \text{ mg/cm}^2/\text{mes}$), Naranjillo Entrada ($0.705 \text{ mg/cm}^2/\text{mes}$), Afilador ($0.722 \text{ mg/cm}^2/\text{mes}$), Av. Raymondi Cdra. 3 ($0.955 \text{ mg/cm}^2/\text{mes}$), Brisas del Huallaga ($0.966 \text{ mg/cm}^2/\text{mes}$), Castillo Grande Entrada ($0.989 \text{ mg/cm}^2/\text{mes}$), Supte San Jorge ($1.018 \text{ mg/cm}^2/\text{mes}$) y Castillo Grande Centro ($1.148 \text{ mg/cm}^2/\text{mes}$). Los que no excedieron los LMP fueron: Afilador ($0.372 \text{ mg/cm}^2/\text{mes}$), Jr. Julio Burga Cdra. 4 ($0.384 \text{ mg/cm}^2/\text{mes}$), Av. Raymondi Cdra. 9 ($0.430 \text{ mg/cm}^2/\text{mes}$) y Naranjillo Centro ($0.478 \text{ mg/cm}^2/\text{mes}$).

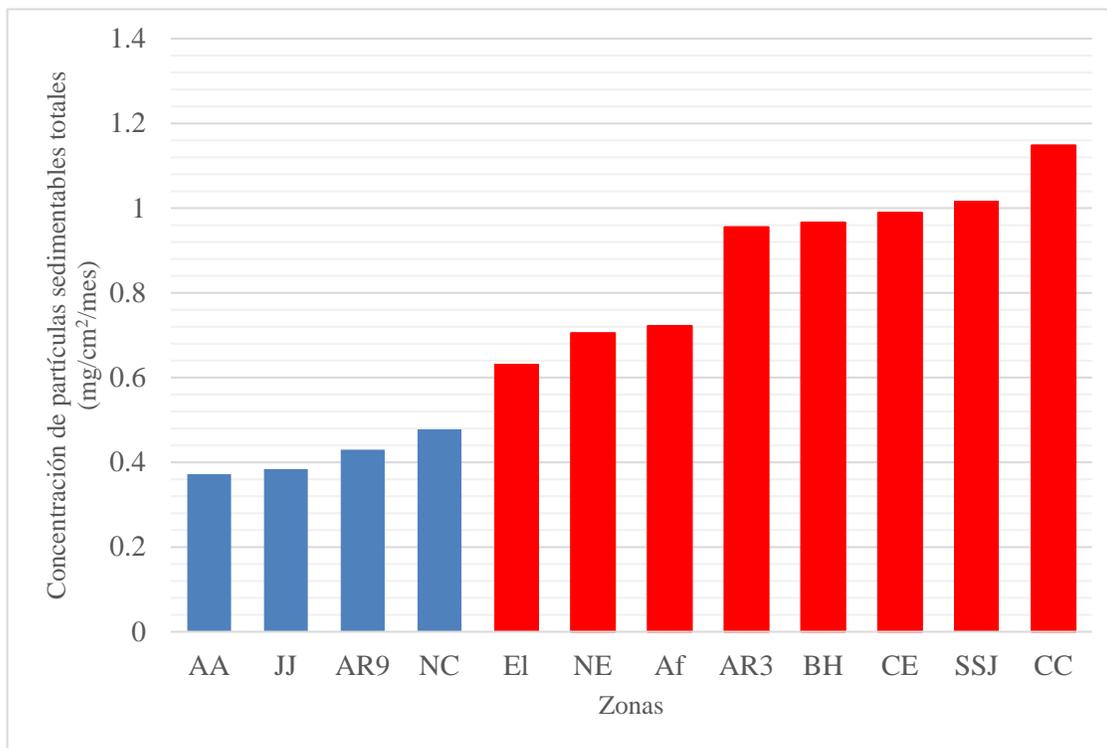


Figura 5. Concentración de las partículas sedimentables totales por zona; AA= Av. Amazonas Cdra. 6, JJ= Jr. Julio Burga Cdra. 4, AR9= Av. Raymondi Cdra. 9, NC= Naranjillo Centro, El= Electrocentro, NE= Naranjillo Entrada, Af= Afilador, AR3= Av. Raymondi Cdra. 3, BH= Brisas del Huallaga, CE= Castillo Grande Entrada, SSJ = Supte San Jorge y CC= Castillo Grande Centro.

DISCUSIÓN

Mejía et al. (2018) encontró que el 37 % de los puntos de monitoreo sobrepasan los LMP y se ubicaron en el uso de suelo residencial, esta tendencia coincide con los puntos de monitoreo que excedieron en el presente estudio, donde también se ubican en zona residencial (Municipalidad Provincial de Leoncio Prado [MPLP], 2015).

En la Figura 5 se muestra que la zona de Castillo Grande Centro obtuvo mayor concentración de partículas sedimentables totales, por ser una zona con mayor tráfico vehicular que las otras, corroborando lo que manifiestan Miranda et al. (2019) y Pacsi (2016) que el tráfico vehicular tiene influencia sobre la concentración de partículas sedimentables, en adición a esto, la antigüedad, la calidad del combustible utilizado por los vehículos y las variables climáticas en el área. Por otro lado, Cortez (2019) también manifiesta la influencia de las fuentes móviles, el transporte interprovincial y de carga pesada.

Supte San Jorge fue la segunda zona con mayor concentración de partículas sedimentables totales, esto podría justificarse que a diferencia de las demás, presenta una cantidad mayor de calles sin asfaltar. Lo mencionado coincide con Chavez (2018), donde concluye que encontró mayor concentración de partículas sedimentables en vías no pavimentadas y en mal estado.

Por otra parte, la zona que tuvo menor concentración de partículas sedimentables totales fue la Av. Amazonas, pudiéndose explicar que es una zona con áreas verdes y poco tránsito vehicular, esto coincide con Lozano (2020), donde encontró una menor concentración de partículas sedimentables en zona urbana con abundante presencia de cobertura vegetal, ayudando a atenuar los contaminantes e influyendo a que las partículas sedimentables no se expandan.

Existió 8 zonas que excedieron los LMP (Figura 5) para partículas sedimentables establecidas por la OMS (2005), estos resultados en el tiempo pueden traer daños a la salud relacionadas con cambios estructurales del pulmón inducidos por inflamación crónica e irritación de las vías respiratorias (Matus y Oyarzún, 2019), al contrario, Martínez (2017) y Zea (2020) mencionan que la solución para reducir las partículas sedimentables es aumentar las áreas verdes urbanas, implementar los sistemas de techos verdes y una buena planificación vial.

CONCLUSIONES

Las zonas con mayor concentración de partículas sedimentables solubles e insolubles fueron Castillo Grande Centro y Brisas del Huallaga con 1.454 mg/cm²/mes y 0.572 mg/cm²/mes respectivamente.

Las zonas de monitoreo con concentración de partículas sedimentables total que excedieron los LMP establecidas por la OMS fueron: Electrocentro (0.633 mg/cm²/mes), Naranjillo Entrada (0.705 mg/cm²/mes), Afilador (0.722 mg/cm²/mes), Av. Raymondi Cdra. 3 (0.955 mg/cm²/mes), Brisas del Huallaga (0.966 mg/cm²/mes), Castillo Grande Entrada (0,989 mg/cm²/mes), Supte San Jorge (1.018 mg/cm²/mes) y Castillo Grande Centro (1.148 mg/cm²/mes).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ayala, K. y Beteta, V. (2016). Niveles de dióxido de nitrógeno generados por el flujo vehicular en la zona urbana de Tingo María. *RevIA*, 6(1), 12-18. <https://revistas.unas.edu.pe/index.php/revia/article/view/44>
- Boletín Oficial del Estado [BOE], (1976). Normas técnicas para el análisis y valoración de los contaminantes de naturaleza química presentes en la atmósfera. (5 de noviembre de 1976), 21822-21832. <https://www.boe.es/boe/dias/1976/11/05/pdfs/A21822-21832.pdf>
- Chavez, P. (2018). Contaminación del aire por material particulado sedimentable en la zona urbana de Huánuco de agosto a octubre del 2016. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Agraria de la Selva]. Repositorio institucional. <http://repositorio.unas.edu.pe/handle/UNAS/1366>
- Cortez, P. (2019). Determinación de partículas sólidas totales (PST) mediante el método gravimétrico en la atmósfera de la carretera del tramo Celendín - José Galvez. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Cajamarca]. Repositorio institucional. <http://repositorio.unc.edu.pe/handle/UNC/3469>
- Environmental Protection Agency [EPA], (2021a). Particulate Matter (PM) Basics. <https://www.epa.gov/pm-pollution/particulate-matter-pm-basics>
- Environmental Protection Agency [EPA], (2021b). Efectos del material particulado (PM) sobre la salud y el medioambiente. <https://espanol.epa.gov/espanol/efectos-del-material-particulado-pm-sobre-la-salud-y-el-medioambiente>
- Ghafari, S., Kaviani, B., Sedaghatoor, S., & Allahyari, M. S. (2021). Assessment of air pollution tolerance index (APTI) for some ornamental woody species in green space of humid temperate region (Rasht, Iran). *Environment, Development and Sustainability*, 23(2), 1579-1600. <http://doi.org/10.1007/s10668-020-00640-1>
- Hernández-Sampierri, R., Fernández, C. y Baptista, P. (2014). Metodología de la investigación científica. McGraw McGraw Hill. <https://www.uca.ac.cr/wp-content/uploads/2017/10/Investigacion.pdf>
- Li, H., Ji, H., Shi, C., Gao, Y., Zhang, Y., Xu, X., ... & Xing, Y. (2017). Distribution of heavy metals and metalloids in bulk and particle size fractions of soils from coal-mine brownfield and implications on human health. *Chemosphere*, 172, 505-515. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2017.01.021>
- Lozano, J. (2020). Senna siamea (Kassod) como barrera protectora de material particulado sedimentable, en la avenida francisco de Orellana, las orquídeas Guayaquil. [Tesis de pregrado, Universidad

- Agraria del Ecuador]. Repositorio institucional. <https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/LOZANO%20ORMAZA%20MAR%C3%8DA%20JOSE.pdf>.
- Martínez, A. (2017). Captura de material particulado en hojas de árboles del Municipio de Toluca, Estado de México. [Tesis de pregrado, Universidad Autónoma del Estado de México]. Repositorio institucional. <http://hdl.handle.net/20.500.11799/66256>
- Matus C., Patricia, & Oyarzún G., Manuel. (2019). Impacto del Material Particulado aéreo (MP 2,5) sobre las hospitalizaciones por enfermedades respiratorias en niños: estudio caso-control alterno. Revista chilena de pediatría, 90(2), 166-174. <https://dx.doi.org/10.32641/rchped.v90i2.750>
- Mejía, D., Zegarra, R., Astudillo, A. y Moscoso, D. (2018). Análisis de Partículas Sedimentables y Niveles de Presión Sonora en el área urbana y periférica de Cuenca. Revista de la Facultad de Ciencias Químicas, 19, 55-64. <https://publicaciones.ucuenca.edu.ec/ojs/index.php/quimica/article/view/1792>
- Miranda, J., Merma, L. y Herrera, M. (2019). Evaluación de la concentración de polvo atmosférico sedimentable y material particulado (PM2.5, PM10) para la gestión de la calidad del aire 2017, en la ciudad de Tacna. Ingeniería Investiga, 1(1), 124-138. <https://doi.org/10.47796/ing.v1i1.128>
- Municipalidad Provincial de Leoncio Prado [MPLP]. (2015). Plan de desarrollo concertado de la Provincia de Leoncio Prado. <http://www.munitingomaria.gob.pe/mplp/sites/default/files/mplp/documentosdegestion/PDC2008-2015.pdf>
- Organización Mundial de la Salud [OMS]. (2005). Guías de calidad del aire de la OMS relativas al material particulado, el ozono, el dióxido de nitrógenos y el dióxido de azufre. https://www.who.int/phe/health_topics/AQG_spanish.pdf.
- Pacsi, S. (2016). Análisis temporal y espacial de la calidad del aire determinado por material particulado PM10 y PM2,5 en Lima Metropolitana. Anales Científicos, 77(2), 273-283. <http://dx.doi.org/10.21704/ac.v77i2.699>
- Ramos, L. (2019). Microorganismos patógenos del aire presentes en las partículas atmosféricas sedimentables de las áreas verdes de Tingo María (abril-junio 2018) [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Agraria de la Selva]. Repositorio institucional. <http://repositorio.unas.edu.pe/handle/UNAS/1454>

- Reátegui, M. (2015). Niveles de contaminación sonora en las zonas periféricas de Tingo María [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Agraria de la selva]. Repositorio institucional. <http://repositorio.unas.edu.pe/handle/UNAS/1787>
- Salini, C. (2014). Estudio acerca del material particulado emitido en ciudades de tamaño medio al sur de Santiago de Chile. INGE CUC, 10(1), 97-108. <https://revistascientificas.cuc.edu.co/ingecuc/article/view/349>
- Sander, K., Mira-Salama, D., & Feuerbacher, A. (2015). The Cost of Air Pollution: A Case Study for the City of Cuenca, Ecuador. World. 10.13140/RG.2.2.33009.79203
- Silva, J. y Montoya, Z. (2008). Evaluación de la contaminación atmosférica en la Zona Metropolitana de Lima-Callao. <https://sinia.minam.gob.pe/download/file/fid/38970>
- Silva, J., Rojas, J., Norabuena, M., Molina, C., Toro, R. A., & Leiva-Guzmán, M. A. (2017). Particulate matter levels in a South American megacity: the metropolitan area of Lima-Callao, Peru. Environmental monitoring and assessment, 189(12), 635. <https://doi.org/10.1007/s10661-017-6327-2>
- Zavala, S. (2014). Niveles de contaminación acústica por tráfico automotor de Marzo - Julio en la zona urbana de la ciudad de Tingo María [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Agraria de la Selva]. Repositorio institucional. <http://repositorio.unas.edu.pe/handle/UNAS/353>
- Zea, M. (2020). Alternativas de reducción de material particulado PM10 y PM2.5 en la ciudad de Bogotá. <http://hdl.handle.net/10654/37301>



Copyright© de los autores. Titular de la licencia: Revista Pakamuros. Este artículo es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos y condiciones de la licencia Creative Commons (CC BY-NC) (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>).