

Artículo original / Original article

Evaluación de impacto ambiental de la actividad industrial y su influencia en el componente aire de una localidad peruana

Environmental impact assessment of industrial activity and its influence on the air component of a Peruvian town

Rojas-Bardalez, Alfonso [ORCID: 0000-0001-9345-5474]¹; Cáceres-Bardalez, Gerardo [ORCID: 0000-0003-4885-0285]¹; Julca-Urquiza, Ronald [ORCID: 0000-0002-8803-2431]¹; Guerra-Saldaña, Miguel [ORCID: 0000-0002-4020-7909]¹

¹Universidad Nacional de San Martín, Moyobamba, Perú

✉ arojas@unsm.edu.pe

Recibido: 19/11/2021;

Aceptado: 23/12/2021;

Publicado: 20/01/2022

Resumen: Nuestro objetivo fue realizar la evaluación de impacto ambiental de la actividad industrial y su influencia en el componente aire de la localidad de Segunda Jerusalén distrito de Elías Soplín Vargas, Provincia de Rioja 2016, realizada mediante la determinación de concentración de partículas suspendidas respirables menores a 10 micras (PM-10) y la determinación de la concentración de partículas suspendidas respirables menor a 2,5 micras (PM-2,5), para cual se ha definido como ámbito de estudio la zona urbana de la localidad. Los resultados muestran que durante el periodo de muestreo (6 meses) en todos los puntos el valor obtenido de PM-10, no supera el Estándar De Calidad Ambiental (ECA) cuyo valor es de 150 ug/m³. En tanto, en el punto 01 el valor obtenido de PM-2,5, supera el Estándar De Calidad Ambiental (ECA) con valor de 25 ug/m³, en los demás puntos los valores no superan el ECA.

Palabras clave: actividad industrial; aire; impacto ambiental; material particulado

Abstract: Our objective was to carry out the evaluation of the environmental impact of the industrial activity and its influence on the air component of the town of Segunda Jerusalem, district of Elías Soplín Vargas, Province of Rioja 2016, carried out by determining the concentration of suspended respirable particles less than 10 microns (PM-10) and the determination of the concentration of respirable suspended particles less than 2.5 microns (PM-2.5), for which the urban area of the town has been defined as the scope of study. The results show that during the sampling period (6 months) in all the points the value obtained from PM-10 does not exceed the Environmental Quality Standard (ECA) whose value is 150 ug / m³. Meanwhile, in point 01 the value obtained for PM-2.5, exceeds the Environmental Quality Standard (ECA) with a value of 25 ug / m³, in the other points the values do not exceed the ECA.

Keywords: industrial activity; air; environmental impact; particulate material

Cómo citar / Citation: Rojas-Bardales, A., Cáceres-Bardales, G., Julca-Urquiza, R. & Guerra-Saldaña, T. M. (2022). Evaluación de impacto ambiental de la actividad industrial y su influencia en el componente aire de una localidad peruana. *Revista Amazónica de Ciencias Ambientales y Ecológicas*, 1(1), e292. <https://doi.org/10.51252/reacae.v1i1.292>

I. Introducción

Los niveles de contaminación son peligrosamente elevados en muchas partes del mundo dado a que según datos nuevos 9 de 10 personas respiran aire con elevados niveles de contaminantes (Organización Mundial de la Salud, 2018), siendo así que las grandes capitales del mundo están preocupadas por la contaminación que se emiten, como por ejemplo las diferentes clases de vehículos, por lo cual suele ser frecuente en estas ciudades el monitoreo del material particulado PM2.5, como ocurre en los Estados Unidos, donde numerosos trabajos cuantifican el impacto de las PM2.5 desde hace décadas (Linares & Díaz, 2009).

La contaminación del aire es una preocupación ambiental importante en la mayoría de las principales ciudades del mundo (Nowark et al., 2006), presente en todas las sociedades independientemente del desarrollo socioeconómico y a la vez constituye un fenómeno con particular incidencia en la salud del hombre (Romero et al., 2006). La contaminación atmosférica puede definirse como el cambio no esperado en las propiedades físicas, químicas o biológicas de la atmósfera, que causa o tienen la posibilidad de potencialmente provocar perjuicios a la salud y confort de los seres vivos y otros organismos vivos (Páez Pérez, 2008). La contaminación atmosférica se ha definido como la acumulación en el aire de sustancias en concentraciones tales que causen males provisionales o permanentes a los hombres, animales, plantas y los bienes (Caselli, 2000). Por otro lado, según Echeverri (2019) la contaminación del aire representa una de las consecuencias de la creciente industrialización y del desarrollo económico asociado con más vehículos, más bienes materiales y más espacio dedicado a las zonas urbanas.

El material particulado a nivel mundial representa uno de los contaminantes atmosféricos más estudiado, definiéndose como el conjunto de partículas sólidas y/o líquidas (a excepción del agua pura) presentes en suspensión en la atmósfera (Mészáros, 1999), siendo el material particulado respirable aquellas de diámetro aerodinámico menor a 10 μm el cual representa una mezcla compleja de sustancias orgánicas e inorgánicas y que penetran a lo largo de todo el sistema respiratorio hasta los pulmones, produciendo irritaciones e incidiendo en diversas enfermedades (Agencia de Protección Ambiental, 2004), cuya clasificación de las partículas suspendidas en el aire son "PM10" a las partículas de diámetros inferiores a 10 μm , y "PM2,5" a las de diámetros inferiores a 2,5 μm (Baird & Cann, 2014).

Entre los efectos del material particulado en el ambiente se tiene a la corrosión acelerada de los metales, daños a las pinturas, esculturas y superficies expuestas al suelo de las estructuras construidas por el hombre, pudiendo modificar el clima mediante la formación de nubes y nieve, y contribuyendo además a la deposición ácida y hasta llegar a absorber radiación solar e impedir o reducir la visibilidad (Sánchez, 2011), del mismo modo las partículas, solas o en combinación con otros contaminantes representan un peligro muy grave para la salud, entran principalmente al cuerpo humano por las vías respiratorias, causando daños a los órganos respiratorios que se pueden presentarse directamente, ya que se ha estimado que más del 50% de las partículas entre 0.01 y 0.1 μm que penetran a las cavidades pulmonares se depositaran allí (Wark & Warner, 2012), siendo que la presencia de material particulado se encuentra asociada con el incremento del riesgo de muerte por causas cardiopulmonares en muestras de adultos (Pope, 2004)

Si bien el desarrollo industrial de un territorio puede inducir una fuerte reactivación socioeconómica y mejoras en la calidad de vida de la población, también es capaz de ocasionar importantes modificaciones del entorno y diversas formas de contaminación del aire, las aguas y

los suelos, agotamiento de recursos naturales y su degradación. Todo ello influirá negativamente, de forma directa o indirecta sobre el bienestar, la calidad de vida y la salud de la población. Debe realizarse un riguroso análisis científico dirigido a identificar y ponderar la magnitud y severidad de los posibles impactos ambientales y en la salud; derivados de un proyecto de desarrollo y, en consecuencia, la adopción de las medidas de prevención y control pertinentes, así los efectos negativos serán minimizados, en tanto sean maximizados los positivos, proceder denominado "evaluación de impacto ambiental. Se entiende por contaminación atmosférica a la presencia en el aire de materias o formas de energía que impliquen riesgo, daño o molestia grave para las personas y bienes de cualquier naturaleza, así como que puedan atacar a distintos materiales, reducir la visibilidad o producir olores desagradables

En este trabajo abordamos de una forma general el problema de la contaminación ambiental, referido especialmente a la contaminación atmosférica por material particulado, aunque sin perder de vista que la naturaleza actúa como una unidad, que en ella todo es interdependiente, existiendo relaciones múltiples entre el aire, el agua y el suelo, elementos que constituyen el hábitat o lugar donde se desarrolla normalmente el ciclo vital y la biosfera, sistema que engloba a los elementos anteriores y a todos los seres vivos de nuestro planeta.

Dado que la contaminación atmosférica puede tener carácter local, cuando los efectos ligados al foco se sufren en las inmediaciones del mismo, o planetario, cuando por las características del contaminante, se ve afectado el equilibrio del planeta y zonas alejadas a las que contienen los focos emisores, se considera al aire como un bien común limitado, indispensable para la vida; por lo tanto, el uso debe estar sujeta a normas que eviten el deterioro de su calidad por el uso o abuso indebido del mismo, logrando perseverar su pureza como garantía del normal desarrollo de los seres vivos sobre la tierra y de la conservación del patrimonio natural y artístico de la humanidad. Todos tenemos el deber de trabajar para lograr un mundo limpio y habitable, sustento de una mejor calidad de vida para las generaciones futuras.

2. Materiales y métodos

Se determinaron cuatro puntos de monitoreo de partículas suspendidas respirables en la localidad de Segunda Jerusalén representado por las calles principales de la localidad en ese caso cada punto según el ámbito de influencia abarcó 400 metros a la redonda para la determinación de la concentración de partículas suspendidas respirables de diámetro inferior a 10 micras se usó un muestreador de alto volumen, en tanto para la medición de partículas menores a 2,5 micras se usó un muestreador de bajo volumen.

2.1. Métodos

Método de medición de partículas en suspensión menores a 10 micras, PM10

El método utilizado fue la EPA IO 2,1 que coincide con lo descrito en el Apendix J Reference Method for the Determination of Particulate Matter as PM10 in the Atmosphere (Federal Register). Vol 52. N° 126. July 1, 1987). El rango de flujo de medición, aceptable para esta metodología de medición es de 1,13 m³ /min +/- 10%, para un periodo de medición de 24 +/- 1 hora según la EPA y de 18 horas según la DIGESA.

Método de medición de partículas en suspensión menores a 2,5 micras, PM_{2,5}

El aire ambiente es introducido en la unidad de bajo volumen PM-2,5 a un flujo de 16,7 l/min a través de una abertura situada en el cabezal. El flujo pasa a una cámara donde la velocidad se regula mediante el propio sistema, a su vez pasa a través de una malla diseñada para prevenir el paso de insectos y desechos suspendidos en el aire hasta el sistema de fraccionamiento. Las partículas con diámetro superior a 2,5 micras impactan sobre una placa, sumergida en aceite, a su vez el equipo cuenta con un sistema de filtro para humedad y aceite, los cuales son contenidos en un frasco de vidrio externo. Las partículas menores a 2,5 micras son retenidas en el filtro.

Método de análisis de partículas

La determinación de pesos de los filtros de PM_{2,5} y PM₁₀, se realizó por gravimetría, determinando el peso constante antes y después del monitoreo, aplicándose el primero para PM_{2,5} y el segundo para PM₁₀:

Método IO-3.1; Selection, Preparation and Extraction of Filter Material. Compendium of Methods the Determination of Inorganic Compounds in Ambient Air EPA/625/R-96/010^a. Center for Environmental Research Information Office of Research and Development U.S. Environmental Protection Cincinnati, OH 45 268 June 1999.

Método IO-2.1; Compendium method IO-2.1 Sampling of Ambient Air for Total Suspended Particulate Matter (SPM) and PM₁₀ Using High Volume (HV) Sampler. June 1999.

Análisis estadístico

El procesamiento de los datos se realizó mediante la aplicación de la estadística descriptiva, para determinar el promedio, desviación estándar, varianza y la dispersión de los datos (muestras). El análisis de los datos se realizó mediante gráficos y tablas, para verificar su tendencia y proyección.

3. Resultados

Se determinó las concentraciones de PM₁₀ durante 6 meses de monitoreo (junio-noviembre), se establecieron los muestreos con frecuencia de colección de cada 15 días, cuyos resultados y análisis de los mismos se muestran a continuación:

Tabla I. Resultados obtenidos de PM-10 y PM-2.5 en el primer punto de muestreo

| Punto de muestreo | Fecha | PM-10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) | PM-2,5 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) |
|-------------------|------------|------------------------------------|-------------------------------------|
| I | 15-06-2016 | 85 | 34 |
| | 30-06-2016 | 68 | 28 |
| | 15-07-2016 | 76 | 32 |
| | 30-07-2016 | 55 | 25 |
| | 15-08-2016 | 87 | 31 |
| | 30-08-2016 | 77 | 22 |
| | 15-09-2016 | 81 | 23 |
| | 30-09-2016 | 79 | 21 |
| | 15-10-2016 | 80 | 23 |
| | 30-10-2016 | 84 | 20 |
| | 15-11-2016 | 80 | 22 |
| | 30-11-2016 | 70 | 24 |

En el punto 1, los valores presentes no superan el estándar de calidad ambiental establecido en 150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. El nivel de concentración de PM-10 más alta fue de 87 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (15/08/2016) y la menor concentración encontrada fue de 55 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (30/07/2016). En tanto para PM-2,5 los valores encontrados en el punto 01 en los meses de junio y julio superan el estándar de calidad ambiental establecido en 25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. El nivel de concentración de PM-2,5 más alta fue de 34 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (15/06/2016) y la menor concentración encontrada fue de 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (30/10/2016).

Tabla 2. Resultados obtenidos de PM-10 y PM-2.5 en el segundo punto de muestreo

| Punto de muestreo | Fecha | PM-10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) | PM-2,5 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) |
|-------------------|------------|------------------------------------|-------------------------------------|
| 2 | 15-06-2016 | 80 | 22 |
| | 30-06-2016 | 57 | 23 |
| | 15-07-2016 | 67 | 21 |
| | 30-07-2016 | 81 | 18 |
| | 15-08-2016 | 70 | 23 |
| | 30-08-2016 | 78 | 19 |
| | 15-09-2016 | 75 | 21 |
| | 30-09-2016 | 80 | 23 |
| | 15-10-2016 | 74 | 18 |
| | 30-10-2016 | 76 | 21 |
| | 15-11-2016 | 77 | 23 |
| | 30-11-2016 | 75 | 22 |

Los valores encontrados en el punto 2, no superan el estándar de calidad ambiental establecido en 150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. El nivel de concentración de PM-10 más alta fue de 81 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (30/07/2016) y la menor concentración encontrada fue de 57 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (30/06/2016). En tanto para PM-2,5 los valores no superan el estándar de calidad ambiental establecido en 25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. El nivel de concentración de PM-2,5 más alto fue de 23 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (30/06/2016, 15/08/2016, 30/09/2016 y 15/11/2016) y la menor concentración encontrada fue de 18 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (30/07/2016 y 15/10/2016).

Tabla 3. Resultados obtenidos de PM-10 y PM-2.5 en el tercer punto de muestreo

| Punto de muestreo | Fecha | PM-10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) | PM-2,5 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) |
|-------------------|------------|------------------------------------|-------------------------------------|
| 3 | 15-06-2016 | 81 | 21 |
| | 30-06-2016 | 76 | 23 |
| | 15-07-2016 | 80 | 18 |
| | 30-07-2016 | 78 | 23 |
| | 15-08-2016 | 76 | 19 |
| | 30-08-2016 | 80 | 23 |
| | 15-09-2016 | 82 | 21 |
| | 30-09-2016 | 85 | 18 |
| | 15-10-2016 | 77 | 22 |
| | 30-10-2016 | 86 | 22 |
| | 15-11-2016 | 67 | 24 |
| | 30-11-2016 | 77 | 21 |

Los valores encontrados en el punto 3, no superan el estándar de calidad ambiental establecido en 150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. El nivel de concentración de PM-10 más alta fue de 86 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (30/10/2016) y la menor concentración encontrada fue de 67 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (15/11/2016). En tanto para PM-2,5 los valores no superan el estándar de calidad ambiental establecido en 25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. El nivel de concentración de PM-2,5 más alto fue de 24 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (15/11/2016) y la menor concentración encontrada fue de 18 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (15/07/2016 y 30/09/2016).

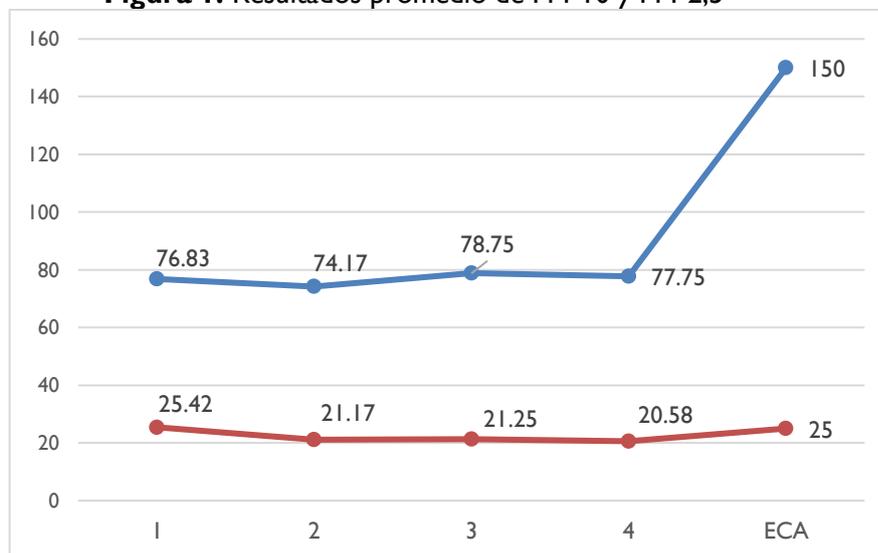
Tabla 4. Resultados obtenidos de PM-10 y PM-2.5 en el tercer punto de muestreo

| Punto de muestreo | Fecha | PM-10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) | PM-2,5 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) |
|-------------------|------------|------------------------------------|-------------------------------------|
| 4 | 15-06-2016 | 87 | 24 |
| | 30-06-2016 | 67 | 18 |
| | 15-07-2016 | 84 | 16 |
| | 30-07-2016 | 78 | 19 |
| | 15-08-2016 | 67 | 20 |
| | 30-08-2016 | 81 | 23 |
| | 15-09-2016 | 79 | 21 |
| | 30-09-2016 | 88 | 21 |
| | 15-10-2016 | 67 | 19 |
| | 30-10-2016 | 78 | 22 |
| | 15-11-2016 | 77 | 23 |
| | 30-11-2016 | 80 | 21 |

Los valores encontrados en el punto 4, no superan el estándar de calidad ambiental establecido en $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$. El nivel de concentración de PM-10 más alta fue de $88 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (30/09/2016) y la menor concentración encontrada fue de $67 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (30/06/2016, 15/08/2016 y 15/10/2016). En tanto para PM-2,5 los valores no superan el estándar de calidad ambiental establecido en $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$. El nivel de concentración de PM-2,5 más alto fue de $24 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (15/11/2016) y la menor concentración encontrada fue de $18 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (15/07/2016 y 30/09/2016).

Después de haber realizado el análisis de los datos se obtuvieron los resultados promedios de concentraciones de PM10 y PM2,5 según fechas y puntos de muestreo, los mismos que se presentan en la figura 1, donde es posible evidenciar en cuanto al material particulado PM-10 que en todos los puntos de muestreo los resultados promedio no superan el estándar de calidad ambiental que es de $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$, siendo el mayor promedio el registrado en el punto 3 con $78,75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y $74,17 \mu\text{g}/\text{m}^3$ el menor promedio en el punto 2.

En cuanto a PM-2,5 solo el punto 1 supera en $0,42 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en tanto los demás puntos se encuentran por debajo del estándar de calidad ambiental que es de $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$, siendo el mayor promedio el registrado en el punto 1 con $25,42 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y $20,58 \mu\text{g}/\text{m}^3$ el menor promedio en el punto 4.

Figura 1. Resultados promedio de PM-10 y PM-2,5

4. Discusión

De acuerdo a los resultados presentados por Rojas y Huaman (2017) el material particulado en fracción respirable sobrepasa el límite máximo permisible ($150 \mu\text{g}/\text{m}^3$) y por lo tanto genera contaminación ambiental, determinando además que los valores mínimos $2941,48 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y máximo $11940 \mu\text{g}/\text{m}^3$, superan en aproximadamente 20 veces y 80 veces respectivamente, información que no se relaciona con los resultados de la presente investigación dado que no se encontró concentraciones con valores muy elevado, asimilando que se trata de una ciudad en proceso de crecimiento a diferencia de la ciudad de Jesús María donde el mencionado autor desarrolló su investigación.

Una de las fuentes para la emisión de material particulado suele ser las calles no pavimentadas o sin asfalto, que por acción de los vehículos y desarrollo de otras actividades se generan elevados niveles de material particulado respirable, información que se afirma con lo mostrado por Viena y Cam (2018) y Viena (2018) quien realizó su estudio en una carretera no pavimentada encontrando valores que superan valores establecidos en las normativas.

Capuena y Angulo (2017) en la localidad de Segunda Jerusalén, área de estudio de la presente investigación, determinó que el valor máximo obtenido de $\text{PM}_{2,5}$ fue $30,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y un valor mínimo de $28,0 \mu\text{g}/\text{m}^3$, lo cual advierte que en el 100% de los monitoreos realizados supera el estándar de calidad ambiental, información que al ser comparada con la presente investigación no presenta similitud dado que la mayor concentración determinada excede solo en $0,42 \mu\text{g}/\text{m}^3$ el ECA para calidad de aire y la menor concentración registrada fue de $20,58 \mu\text{g}/\text{m}^3$, lo cual se asume que se debe principalmente al tiempo y momento de muestreo, tal y como lo menciona Toro et al., (2019) que los altos niveles de contaminación del aire son el resultado de una combinación de actividad antropogénica, su ubicación geográfica y local y sinóptica condiciones meteorológicas que inhiben la dispersión de contaminantes.

Herrera (2011), encontró que los niveles de concentración se encuentran por debajo de los estándares dicha investigación fue desarrollada en la localidad de Segunda Jerusalén el cual representa también el área de estudio de la presente investigación corroborando dicha información dado que los resultados encontrados tampoco superan los estándares a diferencia de un punto de muestreo de $\text{PM}_{2,5}$ que supera lo establecido en $0,42$ unidades, mencionadas informaciones corroboran además con la encontrada por Pacsi (2016) quien determinó que los promedios diarios de PM_{10} no sobrepasan los Estándares de Calidad del aire (ENCA) del Perú; pero que sin embargo los promedios anuales para ambos parámetros en casi todas las estaciones de monitoreo, si superan significativamente el ENCA y las guías de la OMS.

5. Conclusiones

En comparación con los estándares de calidad para aire se tiene para PM_{10} en el punto de muestreo 3 y punto de muestreo 4 presentan los valores más altos promedio durante el periodo de muestreo, pero sin embargo ninguno de estos supera los ECA asimismo para $\text{PM}_{2,5}$ se tiene que en el punto de muestreo 1, sobrepasa en $0,42$ unidades el estándar de calidad ambiental, en los demás puntos no superan el estándar de calidad.

De acuerdo a los resultados obtenidos tenemos que durante el periodo de muestreo (6 meses), en todos los puntos el valor obtenido de PM_{10} , no supera el Estándar de Calidad Ambiental (ECA) cuyo valor es de $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

De acuerdo a los resultados obtenidos tenemos que durante el periodo de muestreo (6 meses), en el punto 01 el valor obtenido de PM-2.5, supera el Estándar de Calidad Ambiental (ECA), cuyo valor es de 25 µg/m³, en los demás puntos los valores no superan el ECA.

Referencias bibliográficas

- Agencia De Protección Ambiental – EPA. (2004). Las partículas y efectos en la salud. Washington.
- Baird, C., y Cann, M. (2014). Química ambiental. 2a ed. Barcelona: Reverté, 2014. 9788429179156.
- Capuena, H. & Angulo, J. (2017). Determinación de la influencia de las actividades urbano e industrial en el nivel de contaminación del aire mediante la determinación de partículas suspendidas respirables (PM 2,5), en el Alto Mayo, 2015. (Tesis de grado). Universidad Nacional de San Martín - Tarapoto, Moyobamba.
- Caselli, M. (2000). La contaminación atmosférica: Causas y fuentes, efectos sobre el clima, la vegetación y los animales (6ta. edición).
- Echeverri, C. A. (2019). Contaminación atmosférica (Ediciones de la U).
- Herrera, S. (2011). Distribución espacial vertical de las partículas en suspensión PM10 del medio atmosférico urbano en Segunda Jerusalén-Rioja-San Martín-Perú. (Tesis de maestría). Universidad Nacional de San Martín - Tarapoto, Moyobamba.
- Linares, C., y Díaz, J. Las PM2.5 y su impacto sobre la salud. (58), 46-49. 2009.
- Mészáros, E. (1999). Fundamentals of Atmospheric Aerosol Chemistry. Akadémiai Kiado.
- Nowak, D., Crane, D. & Stevens, J. (2006). Air pollution removal by urban trees and shrubs in the United States. USDA Forest Service, Northeast Research Station, 5 Woorz Library, S LIIV Y-ESF, Sj~rczmse, N Y 1321 0 USA.
- Organización Mundial de la Salud – OMS. (2018). Calidad del aire y la salud. Disponible en: [https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/ambient-\(outdoor\)-air-quality-and-health](https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/ambient-(outdoor)-air-quality-and-health)
- Pacsi, A. (2016). Análisis temporal y espacial de la calidad del aire determinado por material particulado PM10 y PM2,5 en Lima Metropolitana. ISSN-e 2519-7398, Vol. 77, N°. 2.
- Páez Pérez, C. (2008). Gestión de la contaminación atmosférica urbana: El caso de Quito.
- Pope (2004). CA III. Air Pollution and Health - Good News and Bad. En: New England Journal of medicine Vol. 351. No. 11, 1132-1134.
- Rojas, R y Huamán, P. (2017). Determinación de material particulado en fracción respirable en construcciones del distrito de Jesús María, 2015. (Tesis de grado). Universidad Inca Garcilaso de la Vega. Lima – Perú.
- Romero, M., Olite, F. y Álvarez, M. (2006). La contaminación del aire: su repercusión como problema de Salud. *Rev Cubana Hig Epidemiol*. Instituto Nacional de Higiene, Epidemiología y Microbiología.

- Sánchez, C. (2011). Clasificación del material particulado menor de 10 micrometros PM10. Barcelona- España.
- Toro, R., Kvakić, A.M., Klaić, Z.B., Koraćin, D., Morales, R.G.E., Leiva, G., (2019). Exploring atmospheric stagnation during a severe particulate matter air pollution episode over complex terrain in Santiago, Chile. *Environ. Pollut.* 244, 705–714.
- Viena, A. (2018). Determinación de la concentración del material particulado respirable, influenciado por el tránsito vehicular, en la carretera Calzada – Soritor 2017. (Tesis de grado). Universidad Nacional de San Martín - Tarapoto, Moyobamba.
- Viena, A. y Cam, K. (2018). Determinación del nivel de concentración de partículas suspendidas respirables a nivel intradomiciliario, y su influencia en la salud pública, en la ciudad de Moyobamba 2016. (Tesis de grado). Universidad Nacional de San Martín - Tarapoto, Moyobamba.
- Wark, K. y Warner, C. (2012). Contaminación del aire: Origen y control. Mexico: Limusa, 2012. 9789681819545

Financiamiento

Ninguno.

Conflicto de intereses

El artículo no presenta conflicto de intereses.

Contribución de autores

Rojas-Bardales, Alfonso; Cáceres-Bardales, Gerardo; Julca-Urquiza, Ronald y Guerra-Saldaña, Tomás en conjunto realizaron la recolección, análisis, procesamiento de datos, así como la elaboración del presente artículo científico.