



Industrial Data

ISSN: 1560-9146

ISSN: 1810-9993

industrialdata@unmsm.edu.pe

Universidad Nacional Mayor de San Marcos

Perú

Robles Morales, Eder Guido; Medina Escudero, Ana María; Medina Escudero, Carmen Sofía

La contaminación del aire por el material particulado y su relación con las enfermedades de tipo respiratorio en la población de Cerro de Pasco (2010 y 2016)

Industrial Data, vol. 22, núm. 1, 2019, -Julio

Universidad Nacional Mayor de San Marcos

Perú

Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=81661270010>

- Cómo citar el artículo
- Número completo
- Más información del artículo
- Página de la revista en [redalyc.org](https://www.redalyc.org)

redalyc.org
UAEM

Sistema de Información Científica Redalyc

Red de Revistas Científicas de América Latina y el Caribe, España y Portugal
Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso abierto

La contaminación del aire por el material particulado y su relación con las enfermedades de tipo respiratorio en la población de Cerro de Pasco (2010 y 2016)

RECIBIDO: 25/12/2018 ACEPTADO: 25/04/2019

EDER GUIDO ROBLES MORALES ¹
ANA MARÍA MEDINA ESCUDERO ²
CARMEN SOFÍA MEDINA ESCUDERO ³

RESUMEN

Apartir del siglo XVII, se descubrieron yacimientos mineros de plomo, cobre, zinc y plata en Cerro de Pasco, Perú, lo cual dio inicio a un proceso de explotación minera en aquella zona. Desde ese momento, la población aledaña a las actividades mineras empezó a sufrir principalmente enfermedades respiratorias agudas. Esta investigación tiene como objetivo determinar la relación entre el material particulado menor a 10 micras, producido en la actividad minera, y las infecciones respiratorias agudas que afectaron a los habitantes de Cerro de Pasco, en 2010 y 2016. Para ello se consideraron los resultados realizados en cuatro estaciones de monitoreo del material particulado, el número de atenciones hospitalarias y el clima seco. Además, la investigación es no experimental y correlacional, se consideró una muestra de 10 029 atenciones hospitalarias de pacientes menores o iguales de 5 años y adultos mayores de 50 años. Para 2010, existió un coeficiente de correlación 0,36, $p=0,0415$; y para 2016, un coeficiente de correlación 0,60, $p=0,00$ de confianza al 95%. Finalmente, el resultado demostró que existe una relación significativa entre el material particulado menor a 10 micras producido por las fuentes de contaminación y las enfermedades de tipo infecto respiratorias agudas.

Palabras-claves: Contaminación atmosférica; enfermedades respiratorias; material particulado; minería; salud ocupacional; tajo abierto.

INTRODUCCIÓN

Según la Dirección General de Salud Ambiental (2005), las partículas totales en suspensión vertidas a la atmósfera de Cerro de Pasco fueron estimadas en 3737 Tm/año, de las cuales el 99,8% era vertido por la actividad minera, mientras que el 56% de estas emisiones estaba constituido por material particulado menor a 10 micrómetros. Además, la composición de dichas partículas es esencialmente mineral, donde predomina el hierro, seguido del manganeso, el zinc, el plomo y el cobre. El material particulado fue generado por las fuentes de contaminación puntual, constituida por el tajo abierto Raúl Rojas, el cual trabaja con el método de explotación de cielo abierto, los depósitos de desmonte mineral y el depósito de relaves como pasivo ambiental.

La población de Cerro de Pasco es de 56 986 habitantes, según el censo realizado por el Instituto Nacional de Estadística e Informática (2017), y está expuesta constantemente al material particulado, lo que repercute en su salud. Un análisis de la Organización Mundial de la Salud (2005), respecto a la asociación de las PM_{10} y las enfermedades que afectan el sistema respiratorio, demuestra la relación entre la exposición prolongada al material particulado y sus efectos a nivel pulmonar. Asimismo, se evidenciaron altas tasas de enfermedades ocupacionales en Pasco y otras regiones donde priman (en un 49,2%) actividades relacionadas con la explotación minera y de canteras (Hernández-Vásquez, Díaz-Sejas, Vilcarromero y Santero, 2016).

Las enfermedades que afectan al sistema respiratorio relacionadas con las PM_{10} perjudican a niños y adultos mayores, en ellos se presentan infecciones crónicas y agudas que dañan las vías respiratorias bajas y altas, llevándolos a la muerte (Gavidia, Pronczuk y Sly, 2009). El principal vínculo que hay entre el área del centro de trabajo y el medio ambiente general es la fuente de contaminación, por lo tanto, la salud ocupacional y ambiental están íntimamente ligadas por métodos comunes, como la evalua-

¹ Docente de la Facultad de Ciencias de la Salud de la Universidad Científica del Sur. Lima, Perú. E-mail: eroblesm@undac.edu.pe

² Docente de la Facultad de Ingeniería Geológica de la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión. Egresada de la maestría en Ingeniería Industrial por la Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Lima, Perú. E-mail: amedinae@unmsm.edu.pe

³ Docente de la Universidad Científica del Sur. Lima, Perú. E-mail: cmedinae@cientifica.edu.pe

ción de la salud y el control de la exposición (Yassi y Kjellström, 2009). Las fuentes de contaminación en épocas de clima seco generaron mayor difusión del material particulado y como consecuencia se incrementó la cantidad de atenciones hospitalarias por infecciones respiratorias agudas.

Pese a los esfuerzos de la empresa minera para controlar la contaminación, estos no han sido suficientes, por lo que es necesario implementar programas preventivos y de control de infecciones. En tal sentido, es importante determinar la relación significativa que existe entre las enfermedades respiratorias contraídas por niños menores o iguales a 5 años y adultos mayores de 50 años, y las partículas dispersas (PM_{10}) producidas principalmente por la actividad minera.

En efecto, el tema de la investigación es trascendente, ya que contribuye a comprender el comportamiento de las enfermedades que afectan al sistema respiratorio en la cuenca atmosférica de Cerro de Pasco, donde se aprecia una tendencia al incremento de atenciones hospitalarias por infecciones agudas de ese tipo, principalmente durante el clima seco. Este es uno de los pocos casos donde la minería convive con la población, por ello, se plantea establecer lineamientos de escenarios, como zonas mineras con población, divididas por climas, a fin de modificar la normativa de los indicadores de calidad ambiental sobre el aire relacionado al parámetro material particulado (PM_{10}).

METODOLOGÍA

Tipo y diseño de investigación

La investigación es de tipo correlacional y se ha aplicado un diseño de tipo no experimental transversal.

Población de estudio

Es el número de atenciones hospitalarias por enfermedades respiratorias en niños con edad igual o inferior a 5 años y adultos mayores a 50 años, residentes de la ciudad de Cerro de Pasco.

Tabla 1. Correlación de Spearman entre el material particulado y las infecciones respiratorias agudas, en 2010 y 2016.

	Infecciones respiratorias agudas (IRA)	
	2010	2016
Material particulado (PM_{10})	Coeficiente de correlación	0,357*
	Sig. (bilateral)	0,041
	N	33

Nota: *p-valor<0,05, "significativo".

Fuente: Elaboración propia.

Selección de la muestra

Es un muestreo no probabilístico discrecional, pues los individuos fueron escogidos según los criterios de los investigadores y se seleccionaron a dos grupos etarios.

Tamaño de la muestra

La muestra fue de 10 029, la cual se determinó teniendo en cuenta el número de atenciones hospitalarias ocurridas en 2010 y 2016.

Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Se usó la técnica de observación con un instrumento guía del mismo corte para identificar las fuentes de contaminación y determinar el impacto ambiental del polvo particulado que se vierte a la atmósfera. El análisis de contenido se hizo a través del cuadro de registro, el cual comprendió los resultados mediante la cantidad de atenciones hospitalarias por enfermedades respiratorias registradas en los nosocomios.

Análisis e interpretación de la información

Para el análisis de los resultados se utilizó el programa Excel y el SPSS Statistics 21. Además, con el fin de determinar la relación, se empleó el coeficiente de correlación de Spearman. Luego, se confrontaron las hipótesis mediante la prueba de contraste t de Student, con $n - 2$ grados de libertad, para demostrar las relaciones entre la contaminación del aire por material particulado y las enfermedades de tipo respiratorio en la urbe de Cerro de Pasco. Se consideró un intervalo de confianza de 95%.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La Tabla 1 permite identificar los resultados de las correlaciones entre el material particulado y las enfermedades de tipo respiratorio agudas, en 2010 y 2016, en ambos grupos etarios. Para 2010, existe un coeficiente de correlación 0,36, $p=0,041<0,05$; y para 2016, un coeficiente de 0,60, $p=0,000<0,05$. Este resultado demuestra que hay una relación

significativa entre el material particulado (PM_{10}), producido por las fuentes de contaminación, y las infecciones respiratorias agudas (IRA), al 95% de confianza. En ese sentido, los resultados son similares a lo reportado por Gavidia, Pronczuk y Sly (2009), quienes señalan que las enfermedades de este tipo están relacionadas con las PM_{10} y afectan tanto a niños como a adultos mayores, pues en ellos se presentan infecciones agudas y crónicas que afectan tanto las vías respiratorias altas y bajas, y que pueden ocasionar su muerte.

La Tabla 2 evidencia los resultados de las correlaciones globalizadas de 2010 y 2016, según el clima seco y lluvioso para ambos grupos etarios. Del análisis de la tabla, en clima seco, se aprecia una relación significativa, siendo $p=0,016 < p=0,05$ y un coeficiente de correlación positiva moderada ($r=0,40$), al 95% de confianza. Los resultados encontrados guardan relación con lo que sostienen Venegas y Mazzeo (2005), quienes establecen que la polución del aire está influenciada por la variación de la dirección del viento: si la dirección del viento es permanente, la zona será propensa a valores relativamente altos de contaminación y, por lo tanto, se generan enfermedades respiratorias.

El estudio considera a los adultos mayores a 50 años que laboraron en la empresa minera, lo cual guarda relación con lo afirmado por Yassi y Kjellström (2009), quienes manifiestan que el principal vínculo que hay entre la zona de trabajo y el medio ambiente es la fuente de contaminación. Por ello,

la salud ocupacional y la salud ambiental están ligadas por metodologías comunes, como la evaluación de la salud y el control de la exposición.

Tabla 2. Correlación de Spearman entre el material particulado y las infecciones respiratorias agudas según clima, en 2010 y 2016.

Clima		PM
IRA	Lluvioso	Coeficiente de correlación
		0,311
		Sig. (bilateral)
	Seco	N
		Coeficiente de correlación
		0,397*
		Sig. (bilateral)
		0,016
		N
		36

Nota: *p-valor<0,05, "significativo".

Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 1, se aprecia que existe un promedio de 230,39 casos de niños, de edad menor o igual a 5 años, con infecciones respiratorias agudas en 2010; en contraste, en 2016, hay un valor promedio de 194,97 casos. Asimismo, se observa un valor promedio de 36,83 casos en adultos mayores de 50 años, en 2010; frente a 42,06 casos, en 2016. Por otro lado, se encontró un valor promedio de 72,15 de material particulado (PM_{10}), en 2010; en comparación con un valor promedio de 38,96, en 2016.

La cantidad de concentración promedio anual de las partículas dispersas (PM_{10}), en 2010, era 72,15 $\mu g/m^3$, superando los valores de 50 $\mu g/m^3$, esta-

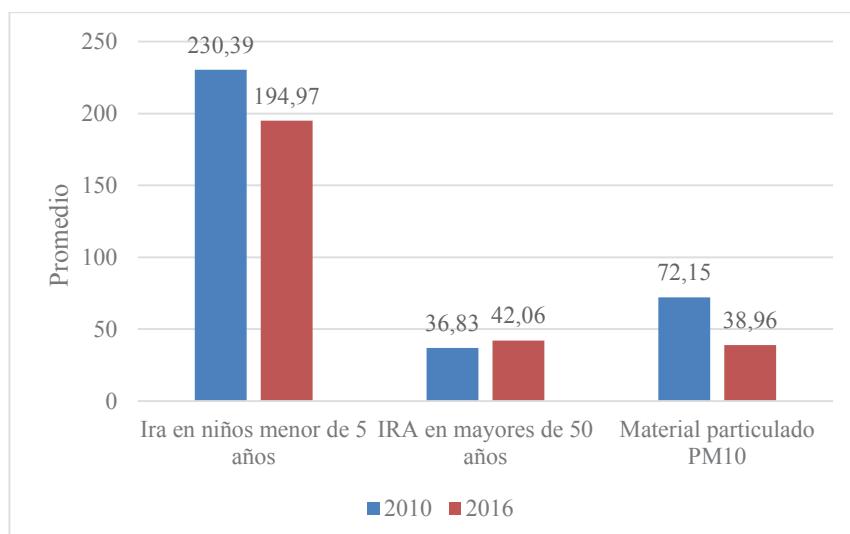


Figura 1. Infecciones respiratorias agudas y material particulado PM_{10} , según 2010 y 2016.

Fuente: Elaboración propia.

blecidos por los Estándares de Calidad Ambiental para Aire (García y Brack, 22 de agosto de 2008), esto indica la existencia de contaminación en la cuenca atmosférica de Cerro de Pasco. De la misma manera, se aprecian niveles de concentración promedio anual de partículas (PM_{10}), para 2016, de $38,96 \mu\text{g}/\text{m}^3$, valores que, de acuerdo con los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental del Aire, son aceptables; pero que según las *Guías de calidad de aire* de la Organización Mundial de la Salud (2005) deberían de ser $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ por año, es decir, los valores siguen siendo elevados y, conforme a los estudios realizados, existen consecuencias perjudiciales en la salud de la población. Así, esta evidencia en la disminución de los valores de concentración promedio anual del material particulado (PM_{10}), en 2016 con respecto a 2010, se debe principalmente a que la empresa, a partir de 2011 hasta la actualidad, dejó de explotar el tajo abierto Raúl Rojas. Según Dockery, Pope, Xu, Spengler, Ware, Fay, Ferris y Speizer (1993), la polución en ciudades tiene índices de partículas totales de 34,1 a $81,9 \text{ mg}/\text{m}^3$, material particulado (PM_{10}) de 18,2 a $46,5 \text{ mg}/\text{m}^3$ y partículas contaminantes finas de $PM_{2,5}$ de 11 a $29,6 \text{ mg}/\text{m}^3$, los cuales se asociaron con defunciones por cáncer de pulmón y diferentes enfermedades cardiopulmonares. Estos resultados guardan relación con los datos encontrados en el estudio.

En la Figura 2, se observa que existe un promedio de 259,06 casos de niños, de edad menor o igual a 5 años, con infecciones respiratorias agudas,

en 2010; en contraste con un valor promedio de 210,67 casos, en 2016. Existe un valor promedio de 39,72 casos en adultos mayores de 50 años, en 2010; frente a 43,11 casos, en 2016. Por otro lado, se encontró un valor promedio de 91,36 de material particulado (PM_{10}), en 2010; en comparación con un valor promedio de 43,15, en 2016.

A partir de ello, se verifica que la concentración de las PM_{10} es más alta en julio, agosto e incluso setiembre, meses que están comprendidos dentro de la estación seca, es decir, cuando la velocidad del viento se incrementa. Esta rapidez hace propicia la dispersión de material particulado, por lo que empieza a levantarse del suelo y, como consecuencia, es inhalado por la urbe de la cuenca atmosférica de Cerro de Pasco. Asimismo, la dirección del viento en promedio es constante y proviene del noreste, haciendo que la cuenca esté expuesta a niveles considerables de las PM_{10} . Estos resultados guardan relación con la investigación de Aldunate, Paz y Halvorsen (2006), en la cual se demostró que

[...] las concentraciones de PM_{10} en la localidad de La Paz no exceden los límites máximos permisibles, no obstante se reconocieron efectos característicos sobre la salud de la ciudad, con aumentos de 23% en el número de casos de infecciones de las vías respiratorias inferiores y de 46% en el número de casos de infecciones de las vías respiratorias principales [...] (Reupo, 2018, p. 19).

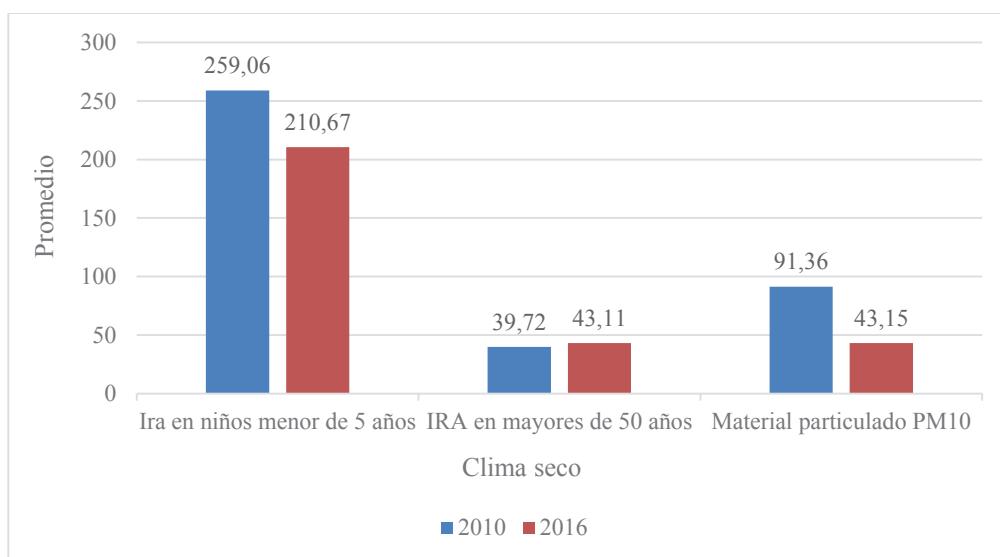


Figura 2. Infecciones respiratorias agudas y el material particulado PM_{10} en clima seco, según 2010 y 2016.

Fuente: Elaboración propia.

En 2016, no se excedieron los límites máximos permisibles, según lo establecido en los Estándares de Calidad Ambiental para Aire (García y Brack, 22 de agosto de 2008); no obstante, en balance con las recomendaciones de la *Guías* de la Organización Mundial de la Salud, se superaron altamente los límites. Además, es importante indicar que la ciudad de La Paz, en Bolivia, y la de Cerro de Pasco se encuentran a alturas similares sobre el nivel del mar.

A partir de los resultados encontrados, se acepta la hipótesis alternativa general que establece que existe relación significativa entre el material particulado (PM_{10}), producido por el tajo de la mina, y las demás fuentes de contaminación identificadas con las infecciones respiratorias agudas que afectaron a la población de Cerro de Pasco, en 2010 y 2016. Asimismo, lo anterior permite determinar que la exposición a contaminantes atmosféricos, como las PM_{10} , durante el clima seco, influye en el número de atenciones hospitalarias por infecciones respiratorias en los grupos etarios de 0 a 5 años y mayores de 50 años, en la cuenca atmosférica de Cerro de Pasco. Es importante destacar que en la población mayor a 50 años se han reportado pacientes trabajadores de la empresa minera, lo cual ratifica que contrajeron enfermedades ocupacionales.

Desde otro punto de vista, se puede aludir a México como el país que diferencia las medidas de concentraciones permisibles para emisiones de partículas sólidas según las zonas de aplicación, las cuales se dividen en zonas críticas y el resto del país (Arriola, 20 de agosto de 2014). Se hace imprescindible limitar las emisiones por sectores, como sucede en Canadá, donde la emisión de contaminantes está regulada por cada provincia, indicando los niveles máximos permisibles de acuerdo a la *Priority Substances List Assessment Report* (Environment Canada y Health Canada, 2000). A su vez, la Unión Europea estableció la necesidad de reducir los niveles de contaminación, limitando al mínimo los efectos perjudiciales para la salud humana y prestando atención a personas más vulnerables, como son los niños menores de 5 años y los adultos mayores. La directiva de la Unión Europea 2008/50/CE tiene como objetivo la reducción de contaminantes a mediano y largo plazo, estableciendo para ello el estándar anual de calidad para material particulado (PM_{10}) de $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Parlamento Europeo, 11 de junio de 2008).

En el presente estudio se demostró que la presencia de material particulado en la atmósfera de Cerro de Pasco, a nivel anual de $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$, expone la existencia de contaminación. Por eso, es necesario aplicar políticas para hacer frente a ello, fijando lími-

tes legalmente que mejoren la calidad de aire respirable. El Instituto Nacional de Salud Pública (2017) realizó una evaluación de impacto en salud en la Zona Metropolitana del valle de México, indicando que disminuir el valor de $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de concentración anual de las PM_{10} a $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ evitaría 1038 muertes por año, con un intervalo de confianza 95%; mientras que con una disminución de $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$, se evitarían hasta 2306 fallecimientos, con un intervalo de confianza 95%. Por ello, es preciso modificar los estándares nacionales de calidad ambiental del aire referidos al parámetro de material particulado (PM_{10}) para la ciudad de Cerro de Pasco, de acuerdo a las *Guías* de la Organización Mundial de la Salud. El escenario de convivencia entre minería y población es único, por lo que se propone pasar de $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de concentración anual de las PM_{10} a un límite máximo permisible de $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de concentración anual para el material particulado (PM_{10}).

Los depósitos de desmonte, las *stockpile*, deben trasladarse a lugares estratégicos, fuera del área de influencia de la fuente de emisión del material particulado, donde sean geotécnicamente estables, cumpliendo con todas las especificaciones técnicas y normas de seguridad. Asimismo, se debe de considerar la dirección predominante de los vientos, con el fin de poder reducir el impacto ambiental. La probabilidad de ocurrencia de adquirir y desarrollar infecciones respiratorias agudas en las zonas de las vías altas, delimitadas en un radio menor a 3 km desde las fuentes de contaminación, considera que por cada incremento de $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de las PM_{10} en las concentraciones ambientales se genera un aumento de posibilidad de 1,58% de presentarse un evento, consultas externas o urgencias, seis días después, en la población residente. Por otra parte, la probabilidad de ocurrencia en un radio mayor a 5 km disminuye a 0,47% (Arregoces, 2016). Se realizó la modelación matemática de la emisión de las PM_{10} , considerando la velocidad de sedimentación, donde el comportamiento de la dispersión y sedimentación es característico para cada categoría de estabilidad atmosférica, presentando niveles de dispersión de hasta 5 km, según expresa Pereira-Peláez (2018). Entonces, la distancia deberá ser razonable, así como la minimización de los costos de transporte de los desmontes; por lo que se propone una distancia de 5 km como máximo a partir de las fuentes de contaminación.

Por la creciente preocupación de las alteraciones en el índice de la calidad del aire en la urbe de Cerro de Pasco, futuros estudios deberán analizar la presencia de las $PM_{2,5}$ para conocer sus valores y consecuencias en poblaciones similares.

CONCLUSIONES

1. Existe una relación significativa entre el material particulado (PM_{10}), producido por el tajo abierto y las demás fuentes de contaminación, y las infecciones respiratorias agudas (IRA) que afectaron a la población en 2010 y 2016.
2. El aumento del material particulado (PM_{10}), generado por la actividad minera, incrementa el número de atenciones hospitalarias durante el clima seco, en los niños de edad menor o igual a 5 años y en los adultos mayores de 50 años.
3. Se plantea trasladar los depósitos de desmonte, las *stockpile*, como máximo a 5 km de la fuente de polución, con el fin de mitigar la contaminación ambiental por material particulado.
4. Se plantea establecer lineamientos de escenarios como zonas mineras con población, divididos en climas, a fin de modificar la normativa de los estándares de calidad ambiental sobre el aire relacionada al parámetro de material particulado (PM_{10}).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Aldunate, P., Paz, O. y Halvorsen, K. (2006). Los efectos de la contaminación atmosférica por PM_{10} sobre la salud. Ciudad de La Paz-Bolivia (3650 m s. n. m.). *Acta Nova*, 3(2), 422-442.
- [2] Arregoces, H. A. (2016). *Análisis de la relación entre el PM_{10} y las infecciones respiratorias en el sector minero de la Baja Guajira colombiana*. (Tesis de maestría). Universidad de Antioquia, Medellín.
- [3] Arriola, M. A. (20 de agosto de 2014). Norma Oficial Mexicana NOM-025-SSA1-2014, Salud ambiental. Valores Límites Permisibles para la concentración de partículas suspendidas PM_{10} y $PM_{2,5}$ en el aire ambiente y criterios para su evaluación. *Diario Oficial*. Recuperado de <http://siga.jalisco.gob.mx/aire/normas/NOM-025-SSA1-2014.pdf>
- [4] Dirección General de Salud Ambiental (2005). *Inventario de emisiones de fuentes fijas. Cuenca atmosférica de la ciudad de Cerro de Pasco*. Recuperado de http://www.digesa.minsa.gob.pe/DEPA/inventario_aire/fuentes_fijas/Informe%20Inventario%20Cerro%20de%20Pasco-Final.pdf
- [5] Dockery, D. W., Pope, C. A., Xu, X., Spengler, J. D., Ware, J. H., Fay, M. E., Ferris, B. G. y Speizer, F. E. (1993). An Association between Air Pollution and Mortality in Six U. S. Cities. *The New England Journal of Medicine*, 329(24), 1753-1759.
- [6] Environment Canada y Health Canada (2000). *Priority Substances List Assessment Report: Respirable Particulate Matter Less Than or Equal to 10 Microns. Canadian Environmental Protection Act, 1999*. Recuperado de https://www.canada.ca/content/dam/hc-sc/migration/hc-sc/ewh-semt/alt_formats/hecs-sesc/pdf/pubs/contaminants/psl2-lsp2/pm10/pm10-eng.pdf
- [7] García, A. y Brack, A. J. (22 de agosto de 2008). Aprueban Estándares de Calidad Ambiental para Aire. Decreto Supremo N.º 003-2008-MINAM. *El Peruano*, pp. 378462-378464. Recuperado de http://www.digesa.minsa.gob.pe/norma_consulta/DS-003-2008-MINAM.pdf
- [8] Gavidia, T., Pronczuk, J. y Sly, P. D. (2009). Impactos ambientales sobre la salud respiratoria de los niños. Carga global de las enfermedades respiratorias pediátricas ligada al ambiente. *Revista Chilena de Enfermedades Respiratorias*, 25(2), 99-108. Recuperado de <https://scielo.conicyt.cl/pdf/rcher/v25n2/art06.pdf>
- [9] Hernández-Vásquez, A., Díaz-Seijas, D., Vilcarromero, S. y Santero, M. (2016). Distribución espacial de los accidentes y enfermedades relacionados con el trabajo en el Perú, 2012-2014. *Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Pública*, 33(1), 106-112. Recuperado de <http://www.scielo.org.pe/pdf/rins/v33n1/a14v33n1.pdf>
- [10] Instituto Nacional de Estadística e Informática (2017). *Perú: Perfil Sociodemográfico. Informe Nacional. Censos Nacionales 2017: XII de Población, VII de Vivienda y III de Comunidades Indígenas*. Recuperado de https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1539/libro.pdf
- [11] Instituto Nacional de Salud Pública (2017). *Estimación de impactos en la salud por contaminación atmosférica en la región centro del país y alternativas de gestión. Documento final*. Recuperado de http://cambioclimatico.gob.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/publicaciones/52/738_2017_Estimacion_impactos_contaminacion_atmosferica_centropais.pdf?sequence=1&isAllowed=y

- [12] Organización Mundial de la Salud (2005). *Guías de calidad del aire de la OMS relativas al material particulado, el ozono, el dióxido de nitrógeno y el dióxido de azufre. Actualización mundial 2005. Resumen de evaluación de los riesgos.* Recuperado de https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/69478/WHO_SDE_PHE_OEH_06.02_spapdf;jsessionid=A10FBC9F96C02A4DD6F6F7C6393DCD33?sequence=1
- [13] Parlamento Europeo (11 de junio de 2008). DIRECTIVA 2008/50/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 21 de mayo de 2008, relativa a la calidad del aire ambiente y a una atmósfera más limpia en Europa. *Diario Oficial de la Unión Europea*, pp. L 152/1-L 152/44. Recuperado de <https://www.boe.es/doue/2008/152/L00001-00044.pdf>
- [14] Pereira-Peláez, D. (2018). Simulación de la dispersión de contaminantes en la atmósfera de una planta de generación de electricidad a biomasa. *Acta Nova*, 8(3), 376-396.
- [15] Reupo, G. M. (2018). *Influencia del PM₁₀ en la incidencia de enfermedades respiratorias en la población infantil menor de 5 años del distrito de Ate, Lima 2014-2015.* (Tesis de maestría). Universidad César Vallejo, Lima.
- [16] Venegas, L. E. y Mazzeo, N. A. (2005). Application at Atmospheric Dispersion Models to Evaluate Population Exposure to NO₂ Concentration in Buenos Aires. *International Journal of Environment and Pollution*, 25(1), 224-238.
- [17] Yassi, A. y Kjellström, T. (2009). Conexiones entre la salud ambiental y la salud en el trabajo. En J. M. Stellman (Dir.), *Enciclopedia de salud y seguridad en el trabajo* (pp. 53.2-53.5). Madrid, España: Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales.