

Evaluación de la concentración de partículas menores a 10 micras y su influencia en las enfermedades respiratorias de la población del barrio Cercado-Tarapoto, noviembre, 2015

Padilla Macedo, Betsabeth Teresa¹

Recibido 23 de setiembre de 2016, Aceptado 20 de octubre de 2016

Received: September 23, 2016

Accepted: October 20, 2016

RESUMEN

Los altos niveles de contaminación pueden causar problemas de salud en la población más vulnerable o agravar problemas cardiovasculares o respiratorios existentes, siendo las infecciones respiratorias agudas la causa más importante de morbilidad y mortalidad en el mundo. El objetivo de la presente investigación fue evaluar la concentración de partículas menores a 10 micras (PM_{10}) y evaluar su influencia en las enfermedades respiratorias de la población del barrio Cercado, Tarapoto. El presente estudio tiene un enfoque cuantitativo, con un diseño no experimental, explicativo. El corte fue transversal. Se encontró que la concentración de PM_{10} registrada, en el período de medición, estuvieron por debajo de los Estándares de Calidad de Aire, no obstante la concentración registrada el último día de monitoreo ($142,72 \mu\text{g}/\text{m}^3$) se encontró muy cercana al valor máximo establecido por la normativa ($150 \mu\text{g}/\text{m}^3$) pudiendo decirse que la calidad del aire es moderada. El análisis evidencia que aun teniendo concentraciones de PM_{10} por debajo de la norma, la encuesta presentó un promedio de 2,73 síntomas de enfermedades respiratorias por persona (los síntomas más frecuentes fueron: dolor de oído, goteo nasal, dolor en el pecho y escozor en la garganta), esto confirma lo establecido por la Organización Mundial de la Salud (2005), la cual propone $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ como valor máximo para concentración de PM_{10} , concentraciones mayores a esta afectarían la salud de las personas sensibles.

Palabras clave: Contaminación del aire; material particulado; síntomas; enfermedad respiratoria.

¹ Ingeniera Ambiental. Universidad Peruana Unión. email: padilla@upeu.edu.pe

ABSTRACT

The higher levels of pollution can cause health problems in the most vulnerable population or aggravate cardiovascular and respiratory problems already existing. The respiratory infections are the main cause of morbidity and mortality in the world. The objective of this investigation was to evaluate the concentration of particles smaller than 10 microns (PM10) and to evaluate their influence on the respiratory diseases of the population of the quarter of Cercado-Tarapoto. This study has a quantitative approach with a non-experimental explanatory design. It was a transversal cut. It was found that the PM10 concentration recorded during the measurement period was below the Air Quality Standards, although the concentration recorded on the last day of monitoring ($142.72 \mu\text{g} / \text{m}^3$) was very close to the maximum value established by the regulations ($150 \mu\text{g} / \text{m}^3$), so we can say that the air quality is moderate. The analysis demonstrated that even with PM10 concentrations below the norm, the survey showed an average of 2.73 symptoms of respiratory diseases per person. The most frequent symptoms were: earache, runny nose, chest pain and sore throat. This confirms what the World Health Organization established in 2005, which proposes $50 \mu\text{g} / \text{m}^3$ as the maximum value for PM10 concentration. Concentrations higher than this would affect the health of sensitive people.

Keywords: Air pollution, particulate matter, symptoms, respiratory diseases.

INTRODUCCIÓN

En los últimos años, la calidad del aire en el Perú se ha visto afectada en gran manera, sobre todo en las zonas urbanas, debido en su mayoría a las actividades antropogénicas (industria, comercio, parque automotor); estas alteran la salud física y mental del ser humano y además afectan el ambiente.

La región San Martín, en general, también ha percibido un incremento de los agentes atmosféricos contaminantes, de acuerdo al Instituto Nacional de Estadística e Informática (2014) la cantidad de municipalidades que informaron sobre elementos que originan contaminación ambiental respecto a emanación de gases y partículas fueron seis, considerándose dentro de estas a la ciudad de Tarapoto.

De acuerdo al Ministerio del Ambiente (2012) la ciudad de Tarapoto ha sido considerada dentro de las dieciocho (18) nuevas Zonas de Atención Prioritaria, en las cuales se deberá formular y evaluar planes de acción para el mejoramiento de la calidad de aire. Para esto se deberá tomar como referencia el incremento de la actividad industrial y comercial que se realiza en dichas zonas, el tamaño del parque automotor y la población vulnerable.

Los altos niveles de contaminación pueden causar problemas de salud en la población más vulnerable o agravar problemas cardiovasculares o respiratorios existen-

tes, siendo las infecciones respiratorias agudas la causa más importante de morbilidad y mortalidad en el mundo. Asimismo, las infecciones respiratorias agudas son las que demandan servicios de salud con mayor frecuencia, en países en desarrollo (Oficina General de Epidemiología-MINSA, 2003).

“Uno de los contaminantes que se producen es el llamado Material Particulado, conocido como polvo en suspensión, es decir aquella partícula que está suspendida en el ambiente por un largo tiempo” (Quijano & Orozco, 2005).

Silva (2012) refiere que diversos estudios epidemiológicos demuestran que la exposición a material particulado, incluso a niveles situados por debajo de la norma, se asocian con un incremento en la incidencia y severidad del asma, y con el deterioro de la función pulmonar, así como con otras enfermedades respiratorias en niños y adolescentes.

Alvarado (2010) explica que la composición química de las partículas es muy heterogénea. Las partículas con diámetro inferior a 10 μm (denominadas PM10) son dañinas para la salud humana, ya que pueden penetrar en las vías respiratorias. La Organización Mundial de la Salud [OMS], en el 2014, mencionó que se estima que para cada 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ de incremento de PM10 en el aire hay un exceso de riesgo de muerte de 0,5%.

La OMS (2014) afirma que la exposición a material particulado a corto y a largo plazo produce efectos sobre la salud. Por ejemplo, las personas expuestas durante varios años a concentraciones elevadas de material particulado tienen un riesgo mayor de padecer enfermedades respiratorias y cardiovasculares, en el caso de gestantes problemas en el desarrollo del feto.

En la región San Martín, la morbilidad por enfermedades respiratorias en infantes representa el 22.81%, en niños el 23.71%, en adolescentes el 32.49%, en adultos el 25.11% y en adultos mayores el 15.10% (Dirección General de Calidad Ambiental, 2012).

El objetivo de esta investigación fue evaluar la concentración de partículas menores a 10 micras (PM10) y evaluar su influencia en las enfermedades respiratorias de población del barrio Cercado Tarapoto.

MATERIALES Y MÉTODOS

Diseño de la investigación

El presente estudio tiene un enfoque cuantitativo, con un diseño no experimental, explicativo. El corte fue transversal.

Población y muestra

Población de PM₁₀

El PM₁₀ presente en la atmósfera del distrito de Tarapoto.

Muestra de PM₁₀

El PM₁₀ susceptible de ser medido y evaluado.

Población de encuesta

Se consideró a las damas que habitan el barrio Cercado, ya que de acuerdo Osorio (2001) ellas suelen conocer con mayor precisión las dolencias sintomáticas que puede presentar su familia. La población está compuesta por aproximadamente 341 damas (madres y/o esposas).

Muestra de encuesta

Para la aplicación del cuestionario, se consideró un muestreo aleatorio por conglomerados, basándose en el criterio geográfico, debido su proximidad al punto de monitoreo. La muestra estuvo constituida por 181 personas.

Instrumentos de medición

Monitoreo de PM₁₀

El muestreo de material particulado, de 10 micras, se realizó mediante un equipo denominado muestreador de alto volumen o Hi Vol, este utiliza un método de muestreo activo, el cual va de acuerdo a los parámetros técnicos recomendados en el “Protocolo de monitoreo de la calidad del aire y gestión de los datos” DIGESA (2005).

Tabla 1

Descripción del equipo Hi Vol.

Equipo	Marca	Modelo	Serie	Método de referencia
PM10	Thermo Scientific	G10557-PM10-1	1553110	RFPS-1287-063
Temporizador digital	Thermo Scientific	G303-1	2444	
Indicador de tiempo	Thermo Scientific	G105-1	2534	
Motor	Thermo Scientific	GBM2360-1	2388	

Fuente: Elaboración propia

Instrumento de recolección de datos de la población encuestada

El instrumento a utilizar es un cuestionario, este fue elaborado por la investigadora, teniendo en cuenta algunos criterios básicos necesarios para la obtención de la información requerida en la investigación.

Este cuestionario consta de 27 preguntas, y está compuesta de tres partes:

1. Datos de identificación (1 a 2)
2. Datos de filiación (pregunta 3 a 9)
3. Síntomas de enfermedades respiratorias (10 a 27)

La confiabilidad se obtuvo mediante la consistencia interna usando el Alfa Cronbach, obteniéndose un valor de 0,82; se revisó la validez de contenido, de criterio, constructo (KMO = 0,536) y de expertos.

Monitoreo de PM₁₀

La metodología de muestreo y análisis se realizó teniendo en cuenta el “Protocolo de monitoreo de calidad de aire y gestión de datos” elaborado por la DIGESA (2005), donde establece la metodología para el muestreo. Este método es una adaptación del Método de Referencia Activo de la EPA Capítulo N°1, CFR 40, Parte 50, Apéndice J.

Número de puntos de muestreo

La TA Luft en Alemania (Federal Ministry for Environment, Nature Conservation and Nuclear Safety, 2002), establece que los puntos de muestreo deberán estar ubicados a una distancia mínima de un kilómetro una de la otra.

La extensión del barrio Cercado es aproximadamente entre 550 y 700 m; de acuerdo a la información proporcionada por la Municipalidad Provincial de San Martín (2012). Debido a que la extensión del barrio es menor a un kilómetro solo se requirió un punto de muestreo, siendo este representativo para el lugar de estudio.

El Ministerio del Ambiente (2013) realizó un estudio en la ciudad de Tarapoto para determinar la concentración de PM₁₀ se monitoreó en una sola estación, estos valores fueron generalizados para determinar la Calidad de Aire de todo el distrito, tomando en cuenta este criterio se consideró válido el considerar una estación para el monitoreo de PM₁₀ en el barrio Cercado, lo cual sería un monitoreo más representativo.

Selección del punto de muestreo

El punto de muestreo fue seleccionado atendiendo a los criterios de ubicación consignados en el Protocolo de monitoreo de la calidad del aire (DIGESA, 2005). Se consi-

deró criterios de accesibilidad, por encontrarse en el centro de la ciudad; seguridad, debido a la constante vigilancia que allí existe y acceso a suministro de energía eléctrica; además de revisar información histórica (inventarios de emisiones, patrones de tráfico, usos de suelo, distribución de la población y datos de monitoreo existentes).

Todas las calles del barrio Cercado cuentan con pavimentación, debido a su proximidad al centro de la ciudad de Tarapoto. El lugar de monitoreo seleccionado fue el Complejo Policial 6 de Diciembre debido a que en un estudio previo, realizado por el Ministerio del Ambiente (2013), se consideró este lugar como uno de los más afectados en la Cuenca Atmosférica de San Martín, creando una información histórica que presenta un mayor respaldo para la selección de este punto de monitoreo.

Duración del programa de monitoreo

Para la investigación se realizó el monitoreo con el equipo Hi-Vol, los días 24, 25, 26, 27 de noviembre del año pasado.

Tiempo de toma de muestra

El Decreto Supremo N°074-2001-PCM establece que las mediciones de PM10 serán en un período de 24 horas cada una (Ministerio del Ambiente, 2001).

Monitoreo meteorológico

Se consideró las variables meteorológicas pertinentes tales como: temperatura ambiente, humedad, dirección y velocidad del viento, no se presentó precipitación durante el período de monitoreo; recomendadas en el Protocolo de Monitoreo de Calidad de Aire.

Cuantificación de PM_{10}

Para calcular la concentración PM10: Método gravimétrico, propuesto por el Ministerio del Ambiente, las partículas concentradas en el filtro de partículas y por diferencia de pesos del filtro antes y después del monitoreo se obtiene una relación entre la masa y el volumen.

Se utilizó la ecuación matemática general para obtener la concentración de las partículas en microgramos por metro cúbico ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) tiene la siguiente forma muestra a continuación la ecuación empleada (a):

$$(a) \quad PM\ 10 = \frac{(P_f - P_i)}{Q_{real} \times t_{muestreo}}$$

Donde:

P_i : Peso final del filtro (μg).

P_i : Peso inicial del filtro (μg).

Q_{real} : Caudal del flujo de aire (m^3/min). El equipo PM_{10} cuenta con un flujo constante de $1.175 \text{ m}^3/\text{min}$.

T_{muestreo} : Tiempo de muestreo (min).

Análisis de encuesta

Por medio del paquete estadístico SPSS 20, se realizó inicialmente un análisis descriptivo de los datos recolectados a través de la encuesta, se utilizó la correlación de Pearson para los datos del monitoreo meteorológico y medición de la concentración de PM_{10} .

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Monitoreo de material particulado menor a 10 micras

Para la determinación de las concentraciones de material particulado de PM_{10} se ubicó el equipos de monitoreo en el punto de muestreo seleccionado, “Complejo Policial 6 de Diciembre”, durante tres días consecutivos. Se obtuvo los siguientes resultados de concentración de PM_{10} que se muestran en la Tabla 2:

Tabla 2

Concentración de PM_{10} durante el período de monitoreo.

Fecha de monitoreo	Concentración de Partículas PM_{10} ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Promedio ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
24/11/15-25/11/15	134.70	131.39
25/11/15-26/11/15	116.75	
26/11/15-27/11/15	142.72	

Fuente: Elaboración propia

Nota*: Coloración amarilla asignada de acuerdo al Índice de Calidad de Aire (ICA) (EPA, 2003)

La concentración de PM_{10} que se obtuvo está en el rango de $116,75$ a $142 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Al comparar los resultados con el Índice de Calidad de Aire (ICA) de la EPA (2003), se establece que la calidad del aire registrada los días de monitoreo se encuentra en el rango 51 a 100, el fondo de color amarillo indica una calidad de aire “MODERADO”.

Los valores obtenidos durante el monitoreo se encuentran dentro de los límites permitidos por el Estándar de Calidad Ambiental de la normativa peruana ($150 \mu\text{g}/\text{m}^3$),

no obstante el valor registrado durante el tercer día ($142,72 \mu\text{g}/\text{m}^3$), está próximo al valor máximo establecido en la normativa nacional, tal como se observa en la figura 1.

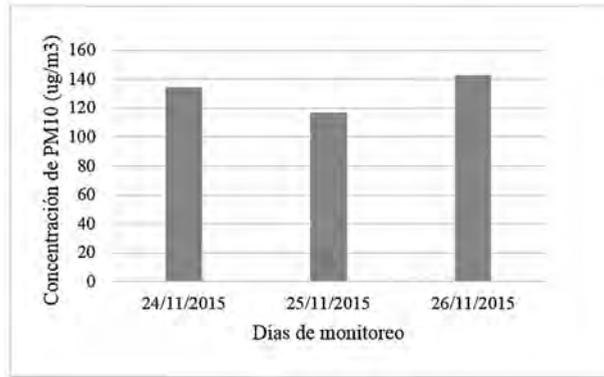


Figura 1. Concentraciones de material particulado registradas durante los días de monitoreo.

Al comparar los valores de PM_{10} , obtenidos en el monitoreo con lo establecido por la OMS (2005), la cual propone $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ como valor máximo para concentración de PM_{10} , se observa que los tres valores sobrepasa dicho estándar. Podemos decir que concentraciones de PM_{10} mayores a $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ afectan la salud de las personas sensibles. De acuerdo a la EPA (2003) esto significaría el incremento de la probabilidad de ocurrencia de síntomas respiratorios tales como irritación de mucosas, dolor de cabeza, malestar general y tos en personas sensibles con enfermedades respiratorias o cardiovasculares; en cuanto a las personas sanas hay irritación de mucosas.

Salinas (2012) menciona que por cada hora de exposición a concentraciones superiores a $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de PM_{10} (nivel referencia ambiental), se genera un aumento de 3% en las consultas por urgencia de bronquitis aguda en lactantes, lo cual podría ocurrir si no se adoptan medidas para mitigar la contaminación atmosférica.

■ ECA PM 10 ■ Concentración de partículas

Numerosos estudios vinculan los niveles de PM_{10} a un aumento de los ingresos hospitalarios y visitas a urgencias e incluso a la muerte por enfermedades del corazón o de los pulmones. Ambas exposiciones de partículas a corto y largo plazo se han relacionado con problemas de salud (EPA, 2003).

Se han aplicado técnicas estadísticas poderosas y se han generado coeficientes que relacionan las concentraciones promedio diarias de los contaminantes con los efectos a la salud, los resultados de estos estudios son notablemente consistentes y han resistido bastante bien al examen crítico (Samet, 1995; citado en OMS, 2004).

Aplicación de la encuesta

En la Tabla 5 se presentan los estadígrafos respecto al promedio de síntomas que presentaron los participantes.

Tabla 5

Estadígrafos del número de síntomas de enfermedades respiratorias de la población de estudio.

Estadígrafos	Síntomas por persona
\bar{x}	2,73
s	1,28
	1,64

Fuente: Elaboración propia

Se puede decir que de 18 síntomas de enfermedades respiratorias presentados en el cuestionario, el valor promedio de síntomas percibidos fue 2,73 por persona.

Los síntomas que las personas presentaron con mayor frecuencia fueron: dolor de oído, goteo nasal, dolor en el pecho y escozor en la garganta.

Correia (2007) refiere que la exposición a contaminación del aire externo, principalmente PM_{10} , NO_2 , y O_3 , ha sido asociada con un aumento en los síntomas respiratorios, disminución de la función pulmonar en asmáticos, aumento de uso de broncodilatadores, aumento de visitas a urgencia y hospitalizaciones en ciudades con climas tropicales.

En el episodio de contaminación del aire que ocurrió en Londres en 1952, se estimó un aproximado de 4 000 muertes debido a un smog formado principalmente por altas concentraciones de SO y material particulado, además mostró que las personas que se encuentran en mayor riesgo son los ancianos, principalmente aquellos que padecen de trastornos cardiorrespiratorios preexistentes y los niños. Los estudios posteriores demostraron que los casos de bronquitis crónica en las áreas urbanas disminuían a medida que decrecían los contaminantes del aire (OMS, 2004).

Estudios en países desarrollados determinan que existe una estrecha relación entre las concentraciones de PM_{10} y otros contaminantes y la mortalidad y morbilidad por causas respiratorias y cardiovasculares (Salinas, 2012).

EPA (2003) sostiene que las exposiciones a largo plazo, como los experimentados por las personas que viven desde hace muchos años en áreas con altos niveles de partículas, se han asociado con problemas tales como la función pulmonar reducida y el desarrollo de la bronquitis crónica e incluso la muerte prematura. De igual modo Romero *et al.*, (2004) establecen que estudios apoyados por evidencia epidemiológica han indicado que la exposición a largo plazo de PM_{10} , ha sido asociada con un

déficit en la función pulmonar, causando enfermedades o síntomas como enfermedad obstructiva crónica, tos crónica, bronquitis, dolor torácico, disnea, lo que aumenta el riesgo de producir cáncer pulmonar.

Por otro lado, la EPA (2003) declara que las exposiciones a corto plazo (horas o días) a partículas pueden agravar las enfermedades pulmonares, causando ataques de asma y bronquitis aguda; también pueden aumentar la susceptibilidad a las infecciones respiratorias. En las personas con enfermedades del corazón, las exposiciones a corto plazo se han vinculado a los ataques del corazón y arritmias. En los niños sanos y en adultos no se ha encontrado que puedan sufrir efectos graves debido a la exposición de PM_{10} a corto plazo, aunque pueden experimentar irritación leve temporal cuando los niveles de partículas son elevadas.

La OMS (2005) ha demostrado que el riesgo de diversos efectos aumenta con la exposición al material particulado y hay pocas pruebas que indiquen un umbral por debajo del cual no quepa prever efectos adversos en la salud. No obstante, de acuerdo a lo que mencionado por Salinas (2012) los efectos de la contaminación atmosférica en la población poseen tres características fundamentales: el efecto de una exposición puede tardar tiempo en aparecer o ser detectado, el comportamiento del efecto de la exposición puede ser no lineal y la magnitud del efecto puede variar según la localidad geográfica. Pudiendo esto influir en la manifestación de los síntomas de enfermedades respiratorias.

CONCLUSIONES

La concentración de PM_{10} registrada en los días 24, 25 y 26, de noviembre, estuvieron por debajo de los Estándares de Calidad de Aire, no obstante la concentración registrada el último día de monitoreo ($142,72 \mu\text{g}/\text{m}^3$) se encontró muy cercana al valor máximo establecido por la normativa ($150 \mu\text{g}/\text{m}^3$), se puede decir que la calidad del aire es moderada, y dentro de los posibles efectos en la salud estaría el incremento de la probabilidad de ocurrencia de síntomas respiratorios tales como irritación de mucosas, dolor de cabeza, malestar general y tos en personas sensibles con enfermedades respiratorias o cardiovasculares. En cuanto a las personas sanas, hay irritación de mucosas.

El coeficiente de correlación de Pearson entre PM_{10} y temperatura tiene un valor de 0,995; esto significa que la concentración de PM_{10} incrementa cuando la temperatura aumenta. El "r" entre PM_{10} y humedad relativa es -0,85; la concentración aumenta conforme disminuye la humedad relativa. La relación entre PM_{10} y velocidad del viento es inversamente proporcional, el valor de r es -0,37 cuando la velocidad del viento aumenta, disminuye la concentración de PM_{10} .

Aun teniendo concentraciones de PM_{10} por debajo de la normal, el instrumento presentó un promedio de 2,73 síntomas de enfermedades respiratorias por persona (los

síntomas más frecuentes fueron: dolor de oído, goteo nasal, dolor en el pecho y escozor en la garganta), esto confirma lo establecido por la OMS (2005), la cual propone $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ como valor máximo para concentración de PM_{10} , concentraciones mayores a esta afectarían la salud de las personas sensibles.

RECOMENDACIONES

Es importante realizar estudios en el distrito de Tarapoto, teniendo en cuenta otros factores como la contaminación intradomiciliaria y contaminantes como CO_2 y SO_2 , debido a que existen antecedentes de asociaciones significativas entre estos contaminantes y la salud.

Efectuar programas de control de contaminantes que presentan un riesgo en la población, debido a que estos programas se encuentran encaminados a controlar las concentraciones de Material Particulado PM_{10} .

Es recomendable conformar un sistema de vigilancia epidemiológica en el municipio de Tarapoto, capaz de generar información para definir la relación entre concentración de contaminantes y daños a la salud estableciendo, de ser necesario, niveles de alerta.

Es necesario estudiar los efectos generados sobre la salud de personas que se encuentran expuestas a contaminación intradomiciliaria por PM_{10} .

Referencias

- Alvarado. (2010). Estudio integrado de factores que influyen sobre la Contaminación atmosférica por material particulado respirable de Pudahuel (*Tesis para optar al Grado de Magister en Gestión y Planificación Ambiental*). Chile, Santiago-Chile. Retrieved from <http://mgpa.forestaluchile.cl/Tesis/Alvarado,%20Gerardo.pdf>
- Cerda, & García. (2010). Contaminación del aire en La Florida (Talca, Chile): Beneficios económicos en salud por la reducción de los niveles PM10. *Revista Médica de Chile*, 138, 1395–1402.
- Correia. (2007). Contaminación del Aire Exterior y Enfermedades Alérgicas de la Vía Aérea. *Ciencia y Trabajo*, 9(23), 23–29. Retrieved from <http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/cd65/contaminacionaire.pdf>
- Dirección General de Calidad Ambiental. (2012). *Monitoreo de Calidad de Aire- Provincia San Martín*.
- Dirección General de Salud (DIGESA)- Ministerio de Salud (2005). *Protocolo de monitoreo de la calidad del aire y gestión de los datos*: Dirección General de Salud (DIGESA).
- Environmental Protection Agency (EPA) (2003). *La contaminación de partículas y su salud: ¿Cómo puede ayudar el Índice de Calidad del Aire? EE.UU.*: Environmental Protection Agency (EPA). Retrieved from http://cfpub.epa.gov/airnow/index.cfm?action=particle_health.index
- Federal Ministry for Environment, Nature Conservation and Nuclear Safety (Ed.). (2002). *Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft (TA Luft), Instrucciones Técnicas para el Control de Calidad del Aire*. Alemania.
- Instituto Nacional de Estadística e Informática. (2014). *Municipalidades que informaron sobre elementos que originan contaminación ambiental*, según departamento, 2012-2014. Retrieved from www.inei.gob.pe
- Ministerio del Ambiente (MINAM). *Reglamento de Estándares Nacionales de Calidad de Aire*: Decreto Supremo N°074-2001-PCM. Lima-Perú: MINAM.
- Ministerio del Ambiente (MINAM). (2012). *Nuevas zonas de atención prioritaria: Resolución Ministerial N° 339-2012*. Lima-Perú. Retrieved from http://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2013/09/rm_339-2012-minam.pdf
- Ministerio del Ambiente (MINAM). (2013). *Propuesta del plan de acción para la mejora de la calidad del aire en la zona de atención prioritaria de la cuenca atmosférica de San Martín*. Tarapoto.
- Montoya, Zapata, & Correa. (2013). Contaminación ambiental por PM10 dentro y fuera del domicilio y capacidad respiratoria en Puerto Nare, Colombia. *Salud Pública*, 15(1). Retrieved from http://www.scielosp.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0124-00642013000100010
- Municipalidad Provincial de San Martín. (2012). *Plan de Desarrollo Urbano*.
- Muñoz, & Carvalho. (2009). *Effect of exposure time to PM10 on emergency admissions for acute bronchitis*. *Saúde Pública*, 25(3). Retrieved from http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-311X2009000300008
- Oficina General de Epidemiología-MINSA. (2003). Estudio Epidemiológico de Línea Basal: Prevalencia de Enfermedades respiratorias en niños de 3-14 años asociadas a la Calidad de Aire Arequipa- Perú. Retrieved from <http://www.ucsm.edu.pe/SIAR/siar/images/Doc%20Tec%20pdf/EstudiosEpidemiologia.pdf>
- Opazo. (2011). *Distribución espacial de la contaminación por material particulado y su relación con las*

- temperaturas del aire y los vientos en santiago para el año 2009 (Tesis)*. Universidad de Chile, Santiago-Chile.
- Organización Mundial de la Salud (OMS). (2004). *Guía para la calidad del aire*. Retrieved from <http://www.bvsde.ops-oms.org/bvsci/fulltext/guiasaire.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 nitrógeno y el dióxido de azufre*: Resumen de evaluación de los riesgos. Retrieved from http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/69478/1/WHO_SDE_PHE_OEH_06.02_spa.pdf
- Organización Mundial de la Salud (OMS) (2014). *Calidad del aire (exterior) y salud*: Efectos: Organización Mundial de la Salud (OMS). Retrieved from <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs313/es/>
- Quijano, & Orozco. (2005). Monitoreo de material particulado-fracción respirable(pm 2.5) en Pamplona (Colombia). *Dialnet*, 3(2), 1–11. Retrieved from <http://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=2483109>
- Rivera. (2012). Modelo de identificación de factores contaminantes atmosféricos críticos en Lima – Callao (*Tesis*). Universidad Nacional Mayor de San Marcos., Lima-Perú. Retrieved from http://cybertesis.unmsm.edu.pe/bitstream/cybertesis/3109/1/rivera_pj.pdf
- Romero, Más, & Lacasaña. (2004). Contaminación atmosférica, asma bronquial e infecciones respiratorias agudas en menores de edad, de La Habana. *Salud Pública*, 46(3), 222–233. Retrieved from <http://bvs.insp.mx/rsp/articulos/articulo.php?id=000066>
- Salinas. (2012). Contaminación atmosférica por material particulado y consultas de urgencia por morbilidad respiratoria en menores de 5 años en la ciudad de Valdivia, periodo mayo-julio, año 2010. (*Tesis presentada para optar el grado de licenciado en enfermería*). Universidad Austral de Chile, Valdivia-Chile.
- Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI) (2015). *Boletín Hidrometeorológico*- San Martín. San Martín, Perú: Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI). Retrieved from <http://www.senamhi.gob.pe/load/file/04301SENA-37.pdf>
- Silva. (2012). Prevalencia del Asma Bronquial Infantil y su Asociación con el nivel de contaminación del aire en algunos colegios de la provincia de Lima (*Tesis*). Universidad Nacional Mayor de San Marcos., Lima-Perú. Retrieved from http://cybertesis.unmsm.edu.pe/bitstream/cybertesis/2098/1/silva_an.pdf