



UNIVERSIDAD  
PRIVADA  
DEL NORTE

# FACULTAD DE INGENIERÍA

---

CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL

“ANÁLISIS DE LA RELACIÓN ENTRE EL COMPORTAMIENTO DEL VIENTO Y LA CONCENTRACIÓN DE MATERIAL PARTICULADO PM<sub>10</sub> DEL AÑO 2012 AL 2015 EN LA ATMÓSFERA DE LA CIUDAD DE CAJAMARCA”

Tesis para optar el título profesional de:

**Ingeniero Ambiental**

**Autores:**

Br. Marystela Camacho Correa

Br. Jocelyn Eleine Villegas Díaz

**Asesor:**

Ing. Manuel Roberto Roncal Rabanal

Cajamarca – Perú

2017

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

<b>APROBACIÓN DE LA TESIS.....</b>	<b>2</b>
<b>DEDICATORIA.....</b>	<b>3</b>
<b>AGRADECIMIENTO .....</b>	<b>4</b>
<b>ÍNDICE DE CONTENIDOS .....</b>	<b>5</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS.....</b>	<b>7</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS .....</b>	<b>8</b>
<b>RESUMEN.....</b>	<b>9</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>10</b>
<b>CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>11</b>
1.1. Realidad problemática .....	11
1.2. Formulación del problema.....	12
1.3. Justificación.....	12
1.4. Limitaciones .....	13
1.5. Objetivos .....	13
1.5.1. <i>Objetivo General</i> .....	13
1.5.2. <i>Objetivos Específicos</i> .....	13
<b>CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO.....</b>	<b>14</b>
2.1. Antecedentes .....	14
2.2. Bases Teóricas .....	16
2.3. Definición de términos básicos .....	31
<b>CAPÍTULO 3. HIPÓTESIS.....</b>	<b>35</b>
3.1. Formulación de la hipótesis .....	35
3.2. Operacionalización de variables .....	35
<b>CAPÍTULO 4. MATERIAL Y MÉTODOS .....</b>	<b>37</b>
4.1. Tipo de diseño de investigación.....	37
4.2. Material. ....	37
4.2.1. <i>Unidad de estudio</i> .....	37
4.2.2. <i>Población</i> . ....	37
4.2.3. <i>Muestra</i> . ....	37
4.3. Métodos. ....	38
4.3.1. <i>Técnicas de recolección de datos y análisis de datos</i> .....	38
4.3.2. <i>Procedimientos</i> .....	38
<b>CAPÍTULO 5. DESARROLLO.....</b>	<b>39</b>
<b>CAPÍTULO 6. RESULTADOS .....</b>	<b>41</b>
<b>CAPÍTULO 7. DISCUSIÓN.....</b>	<b>75</b>

<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>76</b>
<b>RECOMENDACIONES .....</b>	<b>77</b>
<b>REFERENCIAS.....</b>	<b>78</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>80</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla n°.1: Operacionalización de las variables.....	36
Tabla n°.2: Tabla de frecuencias del intervalo ]50;66] del año 2012.....	41
Tabla n°.3: Tabla de frecuencias del intervalo ]66;82] del año 2012.....	43
Tabla n°.4: Tabla de frecuencias del intervalo ]82;98] del año 2012.....	45
Tabla n°.5: Tabla de frecuencias del intervalo ]114;130] del año 2012.....	47
Tabla n°.6: Tabla de frecuencias del intervalo ]36;60] del año 2013.....	49
Tabla n°.7: Tabla de frecuencias del intervalo ]60;84] del año 2013.....	51
Tabla n°.8: Tabla de frecuencias del intervalo ]132;156] del año 2013.....	53
Tabla n°.9: Tabla de frecuencias del intervalo ]25;36] del año 2014.....	55
Tabla n°.10: Tabla de frecuencias del intervalo ]36;47] del año 2014.....	57
Tabla n°.11: Tabla de frecuencias del intervalo ]47;58] del año 2014. ....	59
Tabla n°.12: Tabla de frecuencias del intervalo ]69;80] del año 2014.....	61
Tabla n°.13: Tabla de frecuencias del intervalo ]30;41], del año 2015.....	63
Tabla n°.14: Tabla de frecuencias del intervalo ]41;52] del año 2015. ....	65
Tabla n°.15: Tabla de frecuencias del intervalo ]52;63] del año 2015.....	67
Tabla n°.16: Tabla de frecuencias del intervalo ]63;74], del año 2015.....	69
Tabla n°.17: Tabla de frecuencias del intervalo ]74;85], del año 2015.....	71
Tabla n°.18: Tabla de frecuencias global. ....	73

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura n°.1: Rosa de viento del intervalo ]50;66] del año 2012.....	42
Figura n°.2: Rosa de viento del intervalo ]66;82] del año 2012.....	44
Figura n°.3: Rosa de viento del intervalo ]82;98] del año 2012.....	46
Figura n°.4: Rosa de viento del intervalo ]114;130] del año 2012.....	48
Figura n°.5: Rosa de viento del intervalo ]36;60] del año 2013.....	50
Figura n°.6: Rosas de viento del intervalo ]60;84] del año 2013.....	52
Figura n°.7: Rosa de viento del intervalo ]132;156] del año 2013.....	54
Figura n°.8: Rosa Vientos del intervalo ]25;36] del año 2014.....	56
Figura n°.9: Rosa de viento del intervalo ]36;47] del año 2014.....	58
Figura n°.10: Rosa de viento del intervalo ]47;58] del año 2014.....	60
Figura n°.11: Rosa de viento del intervalo ]69;80] del año 2014.....	62
Figura n°.12: Rosa de viento del intervalo ]30;41] del año 2015. ....	64
Figura n°.13: Rosa de viento del intervalo ]41;52], del año 2015.....	66
Figura n°.14: Rosa de viento del intervalo ]52;63], del año 2015. ....	68
Figura n°.15: Rosa de viento del intervalo ]63;74], del año 2015. ....	70
Figura n°.16: Rosa de viento del intervalo ]74;85] del año 2015.....	72
Figura n°.17: Rosa de viento global. ....	74

## RESUMEN

Se analizó la relación existente entre el  $PM_{10}$  (material particulado menor a 10 micras) y el comportamiento del viento desde el año 2012 hasta el año 2015; para llevar a cabo este análisis se aplicaron métodos estadísticos como la media para encontrar el viento resultante promedio, la dirección resultante, el viento promedio y la persistencia; lo cual nos permitió identificar la existencia o no de una dirección predominante. Los datos de  $PM_{10}$  se agruparon en intervalos según su concentración de manera anual y global para realizar esto se aplicó la regla de Sturges y se construyeron tablas de frecuencia, según los intervalos establecidos se realizaron las rosas de viento en el software WRPLOP View Versión 7.0.0, para observar la relación existente entre las variables, además, se compararon los resultados de concentración de  $PM_{10}$  con los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Aire.

El resultado obtenido fue que el viento influye directamente en la dispersión y concentración de  $PM_{10}$  en la atmósfera de la ciudad de Cajamarca; la relación que tienen la velocidad del viento y la concentración de  $PM_{10}$  es inversamente proporcional puesto que a menor velocidad del viento es mayor la concentración, mientras que la relación con la dispersión es directamente proporcional puesto que a mayor velocidad existe una mayor dispersión.

Con respecto a la persistencia ninguno de los años cuenta con una dirección de viento predominante.

Según el ECA (Estándar de Calidad Ambiental) del aire para  $PM_{10}$  establecido para el periodo de 24 horas, el día 29 de diciembre del 2013 sobrepasa el estándar establecido, mientras que las otras fechas evaluadas se encuentran por debajo de este.

## ABSTRACT

The relationship between PM<sub>10</sub> (particulate matter less than 10 microns) and wind behavior from 2012 to 2015 was analyzed; To carry out this analysis statistical methods were applied as the average to find the average wind result, the resulting direction, the average wind and the persistence; Which allowed us to identify the existence or not of a predominant direction. The PM<sub>10</sub> data were grouped in intervals according to their concentration on an annual and global basis. In order to do this, the Sturges rule was applied and frequency tables were constructed, according to the intervals established the wind roses were made in the WRPLOP View Version 7.0.0 software, to observe the relationship between the variables, in addition, the results of PM<sub>10</sub> concentration were compared with the National Environmental Quality Standards for Air.

The result obtained was that the wind directly influences the dispersion and concentration of PM<sub>10</sub> in the atmosphere of the city of Cajamarca; The relation between the wind velocity and the PM<sub>10</sub> concentration is inversely proportional because at a lower wind speed the concentration is higher, while the relation with the dispersion is directly proportional since at a higher velocity there is a greater dispersion.

With regard to persistence none of the years has a predominant wind direction.

According to the Air Quality Standard (ECA) for PM<sub>10</sub> established for the 24-hour period, December 29 2013, exceeds the established standard, while the other dates evaluated are below this.

## **NOTA DE ACCESO**

**No se puede acceder al texto completo pues contiene datos confidenciales**



## REFERENCIAS

- Alonsoformula. (25 de Mayo de 2015). *Formulación y Nomenclatura de Química Inorgánica y Orgánica*. Obtenido de <http://www.alonsoformula.com/inorganica/concentraciones.htm>
- Ancona, M. A. (1996). (Ancona, METODOLOGÍA CUANTITATIVA: Estrategias y tecnicas de investigacion social . En M. A. Ancona, (*Ancona, METODOLOGÍA CUANTITATIVA: Estrategias y tecnicas de investigacion social* (pág. 102). Madrid: SINTESIS.
- Astromia. (25 de Enero de 2016). *Astromía*. Obtenido de <http://www.astromia.com/glosario/humedad.htm>
- Brizuela, E., & Romano, S. D. (25 de Enero de 2016). Obtenido de <http://materias.fi.uba.ar/6730/Tomo1Unidad1.pdf>
- Echarri, L. (2007). Tema 7 Contaminación de la atmósfera . Navarra, España.
- EcuRed. (11 de Febrero de 2016). *EcuRed*. Obtenido de [http://www.ecured.cu/Velocidad\\_del\\_viento](http://www.ecured.cu/Velocidad_del_viento)
- Estrucplan. (30 de Enero de 2015). Obtenido de estrucplan on line: <http://www.estrucplan.com.ar/Producciones/entrega.asp?IDEntrega=3065>
- Geología, I. L.-D. (24 de Enero de 2016). *La atmosfera*. Obtenido de <https://ilexaquifolium.files.wordpress.com/2012/01/ctm9.pdf>
- Goudie, A., & Middleton, N. (2001). Saharan dust storms: nature and consequences. *Earth-Science Reviews*, 179-204.
- GreenFacts. (25 de Enero de 2016). *GreenFacts*. Obtenido de <http://www.greenfacts.org/es/glosario/abc/contaminante.htm>
- Hernández, R., Fernández-Collado, C., & Baptista, P. (2010). *Metodología de la Investigación*. Celaya: MC Graw Hill.
- Herrera Díaz Santos Clemente (2011), *Distribución espacial vertical de las partículas en suspensión PM<sub>10</sub> del medio atmosférico urbano en segunda Jerusalén-Rioja-San Martín-Perú*, (tesis para optar el grado académico de magister scientiae en gestión ambiental), Facultad de ecología, Universidad Nacional San Martín-Tarapoto
- Kriner, A., Castorina, J. A., & Cerne, B. (2003). El adelgazamiento de la capa de ozono: algunos obstáculos para su aprendizaje. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 136-154 .
- Levy, R. C., Remer, L. A., Tanré, D., Kaufman, Y. J., Ichoku, C., Holben, B. N., . . . Maring, H. (2003). Evaluation of the Moderate-Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS) retrievals of dust aerosol over the ocean during PRIDE. *JOURNAL OF GEOPHYSICAL RESEARCH*.
- Mayma Quispe, N. R. (17 de Mayo de 2011). *El Baúl de la Geografía*. Obtenido de <http://nestorgeografia.blogspot.pe/2011/05/latitud-longitud-y-altitud.html>
- Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. (24 de Enero de 2016). *PRTR España*. Obtenido de <http://www.prtr-es.es/Particulas-PM10,15673,11,2007.html>
- Ministerio del ambiente Madrid. (2012). *Madrid*. Obtenido de <http://www.mambiente.munimadrid.es/opencms/opencms/calaire/ContaAtmosferica/portadilla.html>
- National Geographic. (25 de Enero de 2016). *National Geographic*. Obtenido de <http://www.nationalgeographic.es/medio-ambiente/calentamiento-global/capa-ozono-disminucion>
- Plasencia Sánchez, E., & Loro, H. (2004). Modelo de Dispersión de Contaminantes Sólidos Atmosféricos en la Ciudad de Lima. *Revista de la Facultad de CIENCIAS de la UNI*, 12-28.
- Pontificia de la Universidad Católica de Chile. (25 de Enero de 2016). *Contaminación atmosférica*. Obtenido de [http://www7.uc.cl/sw\\_educ/contam/fratmosf.htm](http://www7.uc.cl/sw_educ/contam/fratmosf.htm)
- Proyecto de Adaptación al Cambio Climático. (25 de Enero de 2016). *Ministerio del Ambiente Ecuador*. Obtenido de <http://www.pacc-ecuador.org/cambio-climatico/concepto/>

- Química II. (11 de Marzo de 2011). *Química II*. Obtenido de <https://sites.google.com/site/quimicaiiepoem/-que-es-el-aire-1>
- Ramos-Herrera, Bautista-Margulis, & Valdez-Manzanilla (2010), *Estudio estadístico de la correlación entre contaminantes atmosféricos y variables meteorológicas en la zona norte de Chiapas, México* (Tesis Inedita), División Académica de Ciencias Biológicas, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco
- Risctox. (Julio de 2010). *risctox*. Obtenido de <http://risctox.istas.net/index.asp?idpagina=620>
- Rodríguez-Rey, C. (24 de Enero de 2016). *apuntesmareaverde*. Obtenido de [http://www.apuntesmareaverde.org.es/grupos/cn/Temas\\_1/1\\_Tema\\_03\\_La\\_atmosfera.pdf](http://www.apuntesmareaverde.org.es/grupos/cn/Temas_1/1_Tema_03_La_atmosfera.pdf)
- Salas i Roig, Ramón (2003), *niveles, composición y origen del material particulado atmosférico en los sectores norte y este de la península ibérica y canarias* (Tesis de doctorado), Universidad de Barcelona
- Sierra Urrego, Magda Mallen (2006), *Establecer la asociación existente entre las variables meteorológicas temperatura, velocidad del viento y precipitación y las concentraciones de pm10 registradas en la red de calidad del aire de Bogota d.c.*, (Tesis Inedita), Universidad de la Salle - Ingeniería Ambiental Y Sanitaria Bogotá D.C.
- Universidad de Buenos Aires. (24 de Enero de 2016). *Facultad de agronomía*. Obtenido de [https://www.google.com.pe/?gfe\\_rd=cr&ei=wZqIVtb0MJfDqAWY16bQAQ#q=agro.uba.ar](https://www.google.com.pe/?gfe_rd=cr&ei=wZqIVtb0MJfDqAWY16bQAQ#q=agro.uba.ar)
- Universidad de Murcia. (24 de Enero de 2016). Obtenido de [https://www.google.com.pe/?gfe\\_rd=cr&ei=i6CIVtmiD6WNhAb0o7Qw#q=um.es](https://www.google.com.pe/?gfe_rd=cr&ei=i6CIVtmiD6WNhAb0o7Qw#q=um.es)
- Universidad de Murcia. (25 de Enero de 2016). *Universidad de Murcia*. Obtenido de <http://www.um.es/geograf/clima/tema08.pdf>