



UNIVERSIDAD DE CUENCA
FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS
CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL

**Efectos de la contaminación atmosférica en la salud de las personas en la
ciudad de Cuenca**

**TESIS PREVIA A LA OBTENCIÓN
DEL TÍTULO DE INGENIERO AMBIENTAL**

AUTORES: TATIANA ESTEFANÍA LÓPEZ ORTIZ

ANDRÉS ISRAEL PACHECO GONZÁLEZ

DIRECTORA: INGENIERA DIANA MOSCOSO

CUENCA – ECUADOR

2015



RESUMEN

Este trabajo analiza la relación que existe entre los contaminantes atmosféricos y los factores meteorológicos, así como el impacto que tienen sobre la salud de las personas en cuanto a afecciones respiratorias y a una enfermedad cardiovascular en la zona urbana de la ciudad de Cuenca, en los años 2010, 2011 y 2012. Los datos meteorológicos fueron contribuidos por la estación meteorológica del Centro de Estudios Ambientales de la Universidad de Cuenca (CEA), los mismos que fueron comparados con los contaminantes atmosféricos, recopilados de la Empresa Pública Municipal de Movilidad, Tránsito y Transporte (EMOVEP) mediante el modelo de regresión lineal multivariante, en cuanto a los datos de casos clínicos por enfermedades respiratorias y enfermedad cardiovascular se tomaron de dos hospitales públicos de la ciudad de Cuenca.

Los resultados del estudio mostraron que cuando la temperatura aumenta en 1°C el PM_{10} disminuye su concentración en $-2,65 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y el SO_2 aumenta en $2,04 \mu\text{g}/\text{m}^3$. El benceno genera un aumento en el número de casos clínicos, tales como: asma (36,34%), bronconeumonía (12,19%), bronquiolitis (16,89%), bronquitis (6,29%), faringitis (12,41%), neumonía (11,73%) y rinitis (3,67%), todo esto por el incremento en una unidad del benceno, mientras que el NO_2 ocasiona un aumento en la IRA (12,07). Por otra parte el PM_{10} presenta una relación positiva con la trombosis venosa ocasionando un incremento de 3,56% de casos clínicos por cada unidad que incremente su concentración, finalmente el SO_2 presentó relación con la IRA (4,92%) y la trombosis venosa (4,81%) incrementando el número de casos clínicos.

PALABRAS CLAVE: Contaminantes, salud, factores meteorológicos, efectos.



ABSTRACT

This study analyzes the correlation between atmospheric pollutants and meteorological factors and their impact on respiratory and cardiovascular diseases in the urban area of the city of Cuenca, in the years 2010, 2011 and 2012; the meteorological data was provided by the Meteorological Station from Universidad de Cuenca's Environmental Studies Center (*CEA*, in Spanish). This data was then compared with the atmospheric pollutants obtained from the Municipality's Public Institution of Mobility, Traffic and Transport (*EMOV-EP*, in Spanish) by applying the multivalent linear regression model. The data for respiratory and cardiovascular diseases was obtained from two public hospitals in the city of Cuenca.

The results showed that when temperature increases by 1°C the concentration of PM₁₀ decreases -2,65 µg/m³ and SO₂ increases 2,04 µg/m³. Benzene increases the number of clinical cases, such as asthma (36,34%), bronchopneumonia (12,19%), bronchiolitis (16,89%), bronchitis (6,29%), pharyngitis (12,41), pneumonia (11,73%) and rhinitis (3,67%), all this due to an increase of benzene in one unit, while NO₂ causes an increase of acute respiratory infection (12,07%). Finally, SO₂ is linked to acute respiratory infection (4,92%) and venous thrombosis (4,81%), which increases the number of clinical cases.

KEYWORDS: Pollutants, health, meteorological factors, effects.

**ÍNDICE DE CONTENIDO**

I.	INTRODUCCIÓN.....	14
II.	FUNDAMENTO TEÓRICO	16
	2.1. Antecedentes de la investigación.....	16
	2.2. Bases Teóricas.....	22
	2.2.1. Contaminación atmosférica.....	22
	2.2.2. Contaminantes atmosféricos.....	23
	2.2.3. Factores Meteorológicos.....	28
	2.2.4. Enfermedades respiratorias.....	31
	2.2.5. Enfermedad cardiovascular.....	34
III.	OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN	35
	3.1. Objetivo General	35
	3.2. Objetivos Específicos.....	35
IV.	METODOLOGÍA.....	36
	4.1. Tipo de estudio.....	36
	4.2. Área de estudio.....	36
	4.3. Muestra.....	37
	4.4. Variables.....	37
	4.4.1. Variables dependientes.....	37
	4.4.2. Variables Independientes.....	38
	4.5. Instrumentos de medición.....	38
	4.6. Procedimientos y técnicas.....	38
	4.6.1. Levantamiento de información.....	38
	4.6.2. Procesamiento de la información.....	39
V.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	43
	5.1. Análisis de los Factores meteorológicos con los Contaminantes.....	43



5.2. Análisis Factores meteorológicos con los Casos Clínicos.....	46
5.3. Análisis Contaminantes con los Casos Clínicos.....	51
VI. CONCLUSIONES.....	57
VII. RECOMENDACIONES.....	58
VIII.REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	59
IX. ANEXOS.....	70



Yo, Tatiana Estefanía López Ortiz, autora de la tesis “EFECTOS DE LA CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA EN LA SALUD DE LAS PERSONAS EN LA CIUDAD DE CUENCA”, reconozco y acepto el derecho de la Universidad de Cuenca, en base al Art. 5 literal c) de su Reglamento de Propiedad Intelectual, de publicar este trabajo por cualquier medio conocido o por conocer, al ser este requisito para la obtención de mi título de Ingeniera Ambiental. El uso que la Universidad de Cuenca hiciera de este trabajo, no implicará afección alguna de mis derechos morales o patrimoniales como autora.

Cuenca, febrero del 2015.

Tatiana Estefanía López Ortiz

C.I. 0106540511



Yo, Tatiana Estefanía López Ortiz, autora de la tesis “EFECTOS DE LA CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA EN LA SALUD DE LAS PERSONAS EN LA CIUDAD DE CUENCA”, certifico que todas las ideas, opiniones y contenidos expuestos en la presente investigación son de exclusiva responsabilidad de su autora.

Cuenca, febrero del 2015.

Tatiana Estefanía López Ortiz

C.I. 0106540511



Yo, Andrés Israel Pacheco González, autor de la tesis “EFECTOS DE LA CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA EN LA SALUD DE LAS PERSONAS EN LA CIUDAD DE CUENCA”, reconozco y acepto el derecho de la Universidad de Cuenca, en base al Art. 5 literal c) de su Reglamento de Propiedad Intelectual, de publicar este trabajo por cualquier medio conocido o por conocer, al ser este requisito para la obtención de mi título de Ingeniero Ambiental. El uso que la Universidad de Cuenca hiciere de este trabajo, no implicará afección alguna de mis derechos morales o patrimoniales como autor.

Cuenca, febrero del 2015.



Andrés Israel Pacheco González

C.I. 0105977433



Yo, Andrés Israel Pacheco González, autor de la tesis “EFECTOS DE LA CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA EN LA SALUD DE LAS PERSONAS EN LA CIUDAD DE CUENCA”, certifico que todas las ideas, opiniones y contenidos expuestos en la presente investigación son de exclusiva responsabilidad de su autor.

Cuenca, febrero del 2015.

Andrés Israel Pacheco González

C.I. 0105977433



DEDICATORIA

A Dios porque él ha recorrido conmigo todo este largo camino, guiándome siempre y permitiéndome cumplir con una meta más en mi vida.

A mis padres y hermanos quienes me han brindado su apoyo incondicional, estando presentes en cada nuevo paso que doy en mi vida.

LA AUTORA.



DEDICATORIA

A mis padres y demás familiares, ya que gracias a su incondicional apoyo puedo estar en esta linda situación y aportar con mis conocimientos.

A Dios, por la paciencia y la fuerza que me brindo en este largo camino, ya que sin él nunca hubiera podido cumplir un objetivo más en vida.

EL AUTOR.



AGRADECIMIENTOS

Nuestro agradecimiento más sincero a la Ingeniera Diana Moscoso por dedicar su tiempo y sus conocimientos para el desarrollo de este trabajo.

Así como a todas las personas que de una u otra manera colaboraron durante el desarrollo de esta investigación.

LOS AUTORES.



SIGLAS Y ABREVIATURAS

APHEA: *Air Pollution and Health and European Approach.*

APHEIS: *Air Pollution and Health and European Information System.*

ATSDR: Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades.

CEA: Centro de Estudios Ambientales.

CO₂: Dióxido de carbono.

EMOV EP: Empresa Pública Municipal de Movilidad, Tránsito y Transporte.

EPOC: Enfermedad Pulmonar Obstructiva Crónica.

ERA: Enfermedad Respiratoria Aguda.

FP: Fibrosis Pulmonar.

HNO₃: Ácido nítrico.

IRA: Infección Respiratoria Aguda.

ISAAC: *The International Study of Asthma and Allergies in Childhood.*

NO: Óxido de nitrógeno.

NO₂: Dióxido de nitrógeno.

O₃: Ozono.

OMS: Organización Mundial de la Salud.

PM₁₀: Material particulado menor a 10 micrómetros (µm).

PM_{2,5}: Material particulado menor a 2.5 micrómetros (µm).

SO₂: Dióxido de azufre.

SPSS: *Statistical Package for the Social Sciences.*

TV: Trombosis venosa.



I. INTRODUCCIÓN

La contaminación atmosférica se define como la presencia en la atmósfera de sustancias en una cantidad o concentración que puedan provocar daño en los seres vivos y a los materiales, los cuales están expuestos a estos contaminantes emitidos por fuentes puntuales y fuentes móviles (Martínez y Díaz, 2004).

La concentración de los contaminantes del aire no depende solo de la cantidad de emisiones, sino también del transporte y transformación que los contaminantes sufren en la atmósfera, estos procesos se encuentra ligados a los factores meteorológicos, los mismos que puedes potenciar o disminuir la concentración de los contaminantes del aire generando que estos varíen a lo largo del año (Onursal y Gautam, 1997).

Según la Organización Mundial de la Salud (OMS), la contaminación atmosférica de zonas urbanas y rurales provocó siete millones de muertes en el año 2012 en todo el mundo, lo que representa una de cada ocho del total de muertos, de las cuales el 88% se producen en países de ingresos bajos y medianos. Por esta razón la contaminación actualmente representa una de los mayores riesgos sanitarios mundiales (OMS, 2014).

Es por ello que la mayoría de los estudios están centrados en los efectos de la contaminación atmosférica con la morbilidad y mortalidad por causas respiratorias y cardiovasculares, muchos de ellos han encontrado que los contaminantes aún por debajo de los niveles de calidad de aire catalogados como seguros, se asocian con efectos nocivos sobre la salud (Touloumi, y col., 1996), considerando que bajo condiciones de exposición cotidiana pueden pasar inadvertidos, sin embargo, la elevada frecuencia de exposición pueden dar lugar a riesgos atribuibles de importante magnitud. Cada contaminante presenta sus propios factores de riesgo, los cuales no afectan por igual a todas las personas ya que estos sustentan una susceptibilidad diferente a la exposición de determinado contaminante (OMS, 2014).



Entre sus principales factores de riesgo para enfermedades respiratorias y enfermedades cardiovasculares se encuentran, la exposición laboral a material particulado (polvo metálico, polvo de madera, humos), gases, infección viral, humo del tabaco, antecedentes familiares, entre otros (Celli y MacNee, 2004; *Global Initiative for Chronic Obstructive Lung Disease*, 2001).

La contaminación atmosférica es un problema que afrontan muchas ciudades del mundo en donde se ha visto un claro interés en cuanto al control de los contaminantes atmosféricos y la ciudad de Cuenca no es la excepción, considerando el aumento en los niveles de contaminación atmosférica que es evidente en los últimos años debido al crecimiento industrial así como al aumento del sector automotriz que la ciudad ha atravesado, se ha implementado una red de monitoreo de la calidad de aire.

La complejidad de determinar estos riesgos y efectos en la salud de las personas relacionado directamente con la gran afluencia de vehículos y fuentes fijas de contaminación atmosférica en la ciudad de Cuenca, resulta imperioso evaluar la incidencia que tiene la concentración de los diferentes contaminantes presentes en el aire conjuntamente con la influencia que tienen los factores meteorológicos en el sistema respiratorio y cardiovascular de la población. Se ha tomado en cuenta a los factores meteorológicos como un aporte base para conocer exactamente la causa en la sintomatología de las personas que aplican al estudio, ya que varios factores pueden agravar como disminuir la concentración de los contaminantes en estudio.



II. FUNDAMENTO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la investigación

Los efectos que los contaminantes atmosféricos tienen sobre la salud de las personas han sido objeto de numerosos estudios, mediante los cuales se logra cuantificar la relación que existe entre ellos (Fustel, y col., 2005). El aumento de los niveles de contaminación del aire asociado con casos de mortalidad y morbilidad se ha constatado en muchos estudios epidemiológicos realizados desde la antigüedad (Hechter y Goldsmith, 1961).

Las primeras pruebas sobre el impacto que la contaminación del aire ocasiona en la salud se dieron después de sucesos ocurridos a mediados del siglo XX, en los que se pudo apreciar un exceso de muertes e ingresos hospitalarios debido a causas respiratorias y cardiovasculares (Bell y Devra, 2001).

Se piensa que algunas sustancias ambientales en cantidades pequeñas no son problema para la salud, sin embargo otros agentes, tales como alérgenos, radiaciones ionizantes, contaminantes del aire y preparados químicos carcinógenos generan un riesgo muy elevado para la salud pública (Marcos, 2005). Es por esta razón que en los últimos años se han realizado estudios demostrando que los efectos nocivos no sólo se dan por infringir los límites, ya que las concentraciones al estar por debajo de los niveles de calidad que son considerados como seguros también generan efectos adversos en la salud humana (Arden y Kanner, 1993).

Un estudio llevado a cabo en Francia, Suiza y Australia, indica que el 6% de la mortalidad y un número muy importante de nuevos casos de enfermedades respiratorias en estos países pueden ser atribuidos a la contaminación atmosférica y que la mitad de este impacto es debido a la contaminación emitida por los vehículos a motor (Kunzil , y col., 2000).

El tema “Contaminación aérea y sus efectos en la salud” hace referencia a la contaminación atmosférica intradomiciliaria y extradomiciliaria por causa de los contaminantes atmosféricos presentes en las principales ciudades de Chile, así como sus factores físicos, químicos y su relación entre ellos. Los métodos para



la determinación de los efectos que tienen estos contaminantes sobre la salud de las personas se realizaron en base a modelos experimentales (exposición a contaminantes de células, tejidos, animales y voluntarios) y epidemiológicos (episodios de contaminación, comparación de poblaciones expuestas versus no expuestas, sanos versus enfermos). De esta forma los datos recopilados en cuanto a la respuesta biológica han sido expresados en una pirámide teniendo en la parte inferior a todas las personas expuestas hasta llegar a una etapa subclínica, de allí en adelante se tiene la cantidad de personas que presentan morbilidad y en la cumbre aquellas que mueren como consecuencias de los contaminantes. Como resultado del análisis extradomiciliario se han obtenido valores concordantes con otros estudios ya realizados en otros países, este es el caso de la carga contaminante que recibe el pulmón, el cual se encuentra directamente relacionado con el aumento de humedad, temperatura y altitud, este último generando una disminución de la presión inspirada de oxígeno (O_2). Otro hecho relevante son los efectos agudos (reducción del flujo respiratorio, aumento significativo de la ocurrencia de tos y expectoración) que se han presentado en 114 niños en la Región de Valparaíso, producidos por la exposición al SO_2 y al PM_{10} . En cuanto a la contaminación ambiental intradomiciliaria se han identificado como principales fuentes al tabaquismo, la quema inadecuada de combustibles, el hacinamiento y la convivencia y cohabitación con animales domésticos. Como resultado se encontró que las personas afectadas son los niños menores de 2 años de edad, ancianos y enfermos, esto debido a su mayor tiempo de exposición en espacios cerrados (Oyarzún, 2010).

El trabajo anterior permite identificar los principales factores tanto físicos como químicos, así como la relación entre ellos, los cuales afectan de diferente manera a la salud de las personas en dos ámbitos distintos como es el caso intradomiciliaria y extradomiciliario.

Una investigación titulada "Estudio de la morbilidad en niños menores a cinco años por enfermedad respiratoria aguda y su relación con la concentración de partículas en una zona industrial de la ciudad de Bogotá" tuvo como objetivo



determinar la relación entre la morbilidad en los niños y la concentración de PM_{10} en la localidad de Puente Aranda, con el fin de aportar datos a las autoridades ambientales y sanitarias en los análisis de costo beneficio por contaminación del aire. El área de estudio se caracterizó por ser una zona con considerable actividad industrial y circulación vehicular, por esta razón fue elegida para la investigación. La metodología utilizada consistió en una recopilación de datos de seis centros médicos que reportaban el mayor número de consultas por Enfermedad Respiratoria Aguda (ERA), de los factores meteorológicos y de la concentración del PM_{10} . Inicialmente se realizó un análisis descriptivo de todas las variables con la finalidad de observar su comportamiento individualmente. Para analizar la relación entre la concentración de PM_{10} y los casos por ERA se utilizó el método de regresión de Poisson ya que es un modelo lineal generalizado que toma valores enteros positivos y pequeños. La relación entre los factores meteorológicos y el PM_{10} se analizaron con una regresión lineal múltiple con la finalidad de observar si los dos en conjunto inciden sobre las enfermedades respiratorias agudas, este método consiste en eliminar e introducir variables para determinar cuales tienen un efecto considerable sobre la variable respuesta. Como resultados del estudio se encontró una asociación positiva entre la concentración del PM_{10} y el número de consultas por ERA para un periodo de latencia de seis días, se observó que con un aumento de $10 \mu g/m^3$ en los niveles de PM_{10} ocasionaría un incremento del 4% en las consultas por ERA. Con el análisis de regresión lineal múltiple se encontró que la velocidad del viento es el factor que más influye sobre la concentración de PM_{10} (Arciniegas, y col., 2006).

Con este estudio se observa la importancia de analizar la influencia de los factores meteorológicos en la concentración de ciertos contaminantes, en este caso de estudio específicamente se habla del PM_{10} y a su vez como éste afecta a las enfermedades respiratorias agudas, es decir realiza un análisis conjunto de las tres variables.

El trabajo realizado en el año 2005 en cinco ciudades españolas acerca del impacto de las partículas en suspensión sobre la salud basado en el proyecto Europeo *APHEIS* consistió en formar cinco guías orientadas a la exposición,



salud pública, epidemiología, cálculo del impacto y estadística, todo para la respectiva evaluación del impacto en la salud. El impacto se analizó sólo para partículas en suspensión y para humos negros tomando como indicadores la mortalidad por todas las causas, por causas respiratorias y cardiovasculares, e ingresos hospitalarios urgentes por las enfermedades antes mencionadas. Para poder calcular el impacto se planteó un escenario que es el referente al cumplimiento de las normas de calidad de aire, con respecto a este se realizó el análisis en el caso de humos negros a corto plazo y para las partículas a corto y largo plazo, todos los cálculos fueron realizados en una hoja de cálculo de Excel. Como resultados de este estudio se encontró que los niveles diarios de los contaminantes son similares en las cinco ciudades y que los ingresos por causas cardiovasculares son menores que las causas respiratorias a excepción de una de las ciudades (Sevilla), también se encontró que la magnitud de la reducción de esperanza de vida depende del nivel de contaminación de las ciudades, por ejemplo a niveles de PM_{10} por encima de $50 \mu g/m^3$ son responsables de 1,4 muertes prematuras por 100000 habitantes en exposiciones de corto plazo; de 2,8 muertes tras exposiciones de hasta cuarenta días, y en exposiciones de largo plazo para niveles de contaminación por encima de $20 \mu g/m^3$ de PM_{10} es de 68 muertes por 100000 habitantes (Fustel, y col., 2005).

Todos los hallazgos encontrados en este trabajo demuestran una clara relación entre los contaminantes y su efecto sobre la salud de las personas y como un contaminante contribuye en mayor medida a cierta afección ya que suelen ser específicos como fue en el caso de los humos negros que ocasionaron más casos de enfermedades cardiovasculares y con las partículas se presentaban más casos de afecciones respiratorias, esto nos ayuda a relacionar que mientras más concentración haya de cierto contaminante más casos clínicos de cierta afección se encontrará en ese periodo.

Un estudio realizado en Suba-Colombia en el año 2009, con el tema “Correlación entre la ERA en mujeres embarazadas y la calidad del aire”, muestra mediante un análisis descriptivo de corte transversal de correlación como la contaminación del aire por diversos contaminantes afecta también al



feto o neonato. Se encontró que cerca de dos millones de personas mueren por contaminación intradomiciliaria, de la cual del 4-8% dan lugar a muertes prematuras (Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente, y col., 2002; McMichael, y col., 2003). Como base para el estudio se aplica en cuadros agudos, los cuales en muchos casos puede pasar inadvertidos ya que los síntomas y signos por enfermedades de la contaminación son muy parecidos a los de gestación como lo es la neumonía (Berkowits y La Sala, 1990; Rodríguez y Niederman, 1992), el asma bronquial (Schatz, 1999) entre otros. De la misma forma se tienen efectos endocrinos de las hormonas placenteras como respuesta a la inmunosupresión la cual es otra característica propia del embarazo, este efecto endocrino genera un desequilibrio en el árbol respiratorio provocando un aumento de la respuesta inmune en la mujer, convirtiéndola en más susceptible a los cambios ambientales, afectando las vías respiratorias. La metodología se basó en la recopilación de datos del Hospital de Suba que cubre un 72,3% del total de mujeres embarazadas y de los datos monitoreados por la estación 11 Corpas debido a su ubicación dentro de la localidad de Suba. Estos datos fueron procesados por el modelo informático *Statistical Package for the Social Sciences (SPSS)*, en el cual se utilizaron medidas de tendencia central y para la relación entre las variables se elaboraron tablas de contingencia, las mismas que sirvieron para la determinación del índice de correlación. Los resultados obtenidos fueron que 1307 mujeres embarazadas ingresaron a consulta externa y urgencias de las cuales se encontró que el asma no específica ocupa el 26,1%, la amigdalitis el 24,4%, la gripa 21,8%, la faringitis 16% y el asma 11,5% (Onatra, y col., 2009).

El presente trabajo realizado en Suba - Colombia mostró una asociación entre los contaminantes atmosféricos y la ERA en las mujeres embarazadas, es por ello que se ha tomado en cuenta como un aporte base para conocer la sintomatología y efectos en embarazadas, así como en la parte metodológica para saber la forma de tabulación y análisis.

Otros estudios más cercanos a esta investigación se han llevado a cabo en la ciudad de Cuenca en el año 2012, uno de ellos analizó la prevalencia del asma



y su relación con la contaminación del medio externo con niños de 2 a 5 años en los centros de desarrollo infantil comunitario (Maldonado, 2012); mientras que otros estudios se los realizó en centros de desarrollo infantil municipales y privados llevados a cabo por Alarcón (2012) y Siguencia (2014). Los mismos tenían como objetivo determinar la prevalencia de asma y su relación con la contaminación atmosférica, para la elaboración de estas investigaciones se utilizaron las encuestas *The International Study of Asthma and Allergies in Childhood (ISAAC)*, realizándose un análisis transversal en niños con límite de edad de 2 a 5 años, se empleó una estadística descriptiva e inferencial para demostrar la relación existente entre el asma y sus factores de riesgo. Como resultado de estos estudios se determinó que la prevalencia del asma para cada centro de desarrollo infantil comunitarios, municipales y privados se encontraba en 28,8%, 39,5% y 12,3% respectivamente, teniendo mayor prevalencia en niños que residen en el área industrial con fábricas cercanas y con exposición al tráfico mediano, debido a que los diferentes contaminantes analizados como el SO_2 y las partículas en suspensión se encontraban por arriba de los límites máximos permitidos en nuestra ciudad, los mismos que coinciden con los centros de desarrollo infantil comunitarios y los municipales, sin embargo se menciona que ninguno de los factores externos presentó significancia estadística a diferencia de factores como la prematuridad y antecedentes familiares que si lo hacían. Otro estudio similar al anterior fue llevado a cabo en el año 2012 en la ciudad de Cuenca, pero con el objetivo de determinar la prevalencia del asma en niños de 2 a 5 años con relación a factores de contaminación intradomiciliaria como son el hacinamiento, presencia de animales domésticos, roedores, el uso de aerosoles, el tabaquismo pasivo y el uso de combustibles. La metodología empleada fue el muestreo aleatorio para la selección de los niños, para diagnosticar el asma se empleó al igual que en el caso anterior las encuestas *ISAAC*. Como resultados se obtuvo una relación clara entre el asma y los factores intradomiciliarios, determinando que las niñas y niños expuestos a los aerosoles tienen 1,37 veces más probabilidad de presentar la enfermedad, seguida por la exposición al humo de tabaco que es de 1,27 veces más probabilidad que los que no se



encuentran expuestos, sin embargo con los otros factores no se encontró una relación estadísticamente significativa. En este caso se encontró que el asma tiene una prevalencia del 38% (Toledo, 2012).

2.2. Bases Teóricas

2.2.1. Contaminación atmosférica

Se define a la contaminación atmosférica como la presencia en el aire de agentes contaminantes que alteran su composición normal y que implique un riesgo para la salud y al bienestar humano y de los demás seres vivos (Martínez y Díaz, 2004).

Estos contaminantes están sometidos a procesos de dispersión y sinergias, así como a reacciones químicas y fotoquímicas, ocasionando efectos nocivos en el ámbito ambiental, social y económico (Jaramillo, y col., 2009). Estas reacciones químicas y fotoquímicas son las que ocasionan los llamados contaminantes secundarios, generándose a partir de los contaminantes primarios, los cuales son emitidos directamente desde la fuente (Arbex, y col., 2004).

La contaminación atmosférica puede tener origen natural como por ejemplo las erupciones volcánicas, incendios, descomposición de materia orgánica así como puede ser de origen antropogénico (Elsom, 1990), que se ha intensificado desde la revolución industrial y desde que el hombre comenzó a utilizar los combustibles fósiles, dando lugar a la contaminación en sentido estricto (Graedel y Grutzen , 1989).

Los procesos de combustión son los de mayor importancia, ya que al producirse la oxidación de los elementos constituyentes de los combustibles se emiten al aire gran cantidad de sustancias nocivas (Aránguez, y col., 1999).

La contaminación de origen antropogénico puede a su vez dividirse en fuentes fijas que hacen referencia a las industrias, actividades domiciliarias, calefacción y en fuentes móviles atribuidas al transporte o tráfico rodado (Ballester, 2005).



Desde el punto de vista de la salud se habla de contaminantes criterio que son aquellos que se encuentran sujetos a una normativa legal que establece sus niveles máximos permisibles (Jaramillo, y col., 2009). Estos contaminantes se ven conformado por una serie de sustancias entre las que se encuentran: el SO_2 , NO_2 , CO , PM_{10} y el O_3 , ubicados en esta categoría debido a que se encuentran en gran cantidad en la atmósfera ya que presentan un riesgo significativo en la salud y bienestar de las personas (O'Neill, y col., 2004; De Pablo, y col., 2006; Ritz, y col., 2006; Zhang, y col., 2006).

2.2.2. Contaminantes atmosféricos

Las fuentes principales de emisión están asociadas a las actividades antropogénicas derivadas principalmente por el uso de combustibles fósiles generando así diversos tipos de contaminantes que desencadenan efectos adversos en la salud. Estos efectos a su vez serán diferentes para cada individuo, ya que según varios autores es el resultado de la concentración y del tiempo de exposición a los contaminantes, así como de la susceptibilidad que presente cada persona, mientras que la dosis efectiva percibida por la persona a más de estos, también dependerá de la ventilación minuto, ya que cuando esta aumenta, la carga de contaminantes recibida por el pulmón incrementa, ejemplo de este se da al aumentar la temperatura, la humedad, la altitud, la progesterona (en el embarazo), estados febriles y el ejercicio físico (Morales, 2006).

2.2.2.1. Partículas suspendidas (PM_{10} y $\text{PM}_{2.5}$)

Se conoce con este nombre a todas las sustancias sólidas y líquidas, orgánicas o inorgánicas, que se encuentran suspendidas en el aire durante horas o días; dentro de estas se pueden hablar también de humos negros los cuales se caracterizan por ser capaces de manchar. Generalmente están compuestos de carbono, material alquitranado, material soluble e insoluble en agua, plomo, manganeso, entre otros (Aránguez, y col., 1999). Los aerosoles se diferencian de las partículas porque son dispersiones de sólidos o líquidos presentes en un medio gaseoso (Echeverri y Maya, 2008), como principales fuentes



emisoras del material particulado tenemos el polvo de las calles, los vehículos (motores diésel) y los procesos industriales (Gil, y col., 1997).

2.2.2.1.1. Efectos del PM₁₀ y PM_{2.5} sobre la salud

Hoy en día existen cada vez en mayor cantidad documentos técnicos así como científicos que relacionan el incremento de los índices de mortalidad y morbilidad con las partículas suspendidas específicamente las micropartículas (Reyna, y col., 2003).

Varios estudios realizados indican que las partículas de diámetros menores (PM_{2.5}) son más tóxicas para el organismo que las de mayor tamaño (Mauderly, 1996; Snipes, 1989), se conoce que dichas partículas tienen efecto sobre el aparato respiratorio (Dockery y Pope, 1994). Estas partículas pueden a su vez generar o agravar distintas enfermedades, como el asma (Damato, y col., 2010).

Las partículas más gruesas (PM₁₀) quedan atrapadas en las mucosas de la nariz, laringe, faringe y tráquea, y no logran ingresar a los tejidos más profundos del aparato respiratorio, sin embargo producen algunos trastornos como alergias, las mismas que pueden ir de leves a graves (Reyna, y col., 2003).

A las partículas se les asocia con trastornos irritativos como tos crónica, ronquera, neumopatías, asma bronquial y cáncer pulmonar, no está claro todavía si el efecto que producen las partículas es directamente sobre el organismo o por una mezcla de contaminantes (Gil, y col., 1997).

2.2.2.2. Dióxido de azufre (SO₂)

La atmósfera urbana se encuentra formada por una extensa diversidad de compuestos, entre ellos se tiene al azufre conjuntamente con sus derivados más importantes como son el dióxido de azufre gaseoso, el ácido sulfúrico y los sulfatos.



El SO_2 es un compuesto emitido a la atmósfera mediante fuentes antropogénicas y naturales, presentando un rango de valores normalmente entre 0,02 a 0,1 ppm en la atmósfera (Fernández, 2001). Pueden presentar reacciones debido a procesos químicos y físicos tales como el ácido sulfuroso (H_2SO_3), el cual se forma por la disolución del SO_2 en agua, el mismo que al oxidarse y con la ayuda del oxígeno del aire forma ácido sulfúrico (H_2SO_4). El SO_2 también puede generar un vapor muy reactivo conocido como trióxido de azufre (SO_3), el cual al combinarse con vapor de agua forma un aerosol ultra fino de ácido sulfúrico que se encuentra muy ligado a los efectos en la salud de las personas (Echarri, 2007). También es un contaminante que generalmente se ve agravado con la temperatura ya que al aumentar la temperatura, ocasiona un aumento en la concentración del SO_2 (Klaus y Jáuregui, 1979).

2.2.2.2.1. Efectos del SO_2 sobre la salud

Es un ácido irritante que ingresa al organismo por las vías aéreas y puede causar disminución de la función pulmonar. La Empresa Pública Municipal de Movilidad, Tránsito y Transporte (EMOV EP) establece que el SO_2 al ser un gas incoloro, irritante, no explosivo y no inflamable, provoca alteraciones en las mucosas oculares y en las vías respiratorias viéndose reflejado en enfermedades cardiovasculares y debilitamiento del sistema respiratorio (EMOV EP, 2013). En un estudio aplicado a escolares de 6 a 7 años se encontró que a mayores concentraciones de SO_2 , mayor es el riesgo de que se presenten enfermedades como la rinitis y asma (Arnedo, y col., 2009), de igual manera en otra investigación se concluye que el SO_2 es un contaminante que genera un aumento de casos clínicos por Trombosis Venosa (Bellido, y col., 1991).

2.2.2.3. Óxidos de nitrógeno (NO_x)

El óxido de nitrógeno (NO) es un gas incoloro que se produce al combinarse el nitrógeno y el oxígeno del aire durante los procesos de combustión. El dióxido de nitrógeno (NO_2) se forma a partir de la oxidación del NO , se caracteriza por ser un gas de color café rojizo muy irritante, se produce generalmente en



procesos industriales como la generación de energía eléctrica y calderas industriales, así como por el tráfico vehicular (Alley, 2001).

El NO y el NO₂ conocidos como NO_x dan lugar a la formación del ozono troposférico al reaccionar con compuestos orgánicos volátiles y en presencia de la radiación solar, por lo que al NO₂ se le considera como precursor del smog fotoquímico (Matus y Lucero, 2002). Estos compuestos reaccionan también con moléculas de agua presentes en la atmósfera dando lugar a la formación del ácido nítrico (HNO₃), el mismo que forma parte de la denominada lluvia ácida (EMOV EP, 2013). Los NO_x son generados tanto por fuentes naturales como antropogénicas, sin embargo la mayor parte es atribuida a las actividades humanas por el incremento de la actividad industrial y de la quema de combustibles fósiles (Fernández, 2001). Este contaminante se encuentra en relación con la temperatura, ya que al incrementar el valor de la temperatura la concentración del NO₂ aumenta (Sánchez y Chaves, 2009).

2.2.2.3.1. Efectos de los NO_x sobre la salud

Este tipo de contaminantes pueden tener algunos efectos sobre la salud de las personas y seres vivos en general, por ejemplo en los humanos provocan broncoconstricción, aumenta la reactividad inespecífica en la vía aérea incluso puede llegar a producir edemas, bronquitis, neumonía y fibrosis pulmonar; también pueden producir daños como la irritación ocular, irritación en la garganta, de la nariz y aumento de la secreción lacrimal (Gil y Adonis, 1998). Entre otros estudios realizados en niños se ha demostrado también una grave relación entre el NO₂ y la salud, generando incremento en los ingresos hospitalarios por tos y secreciones bronquiales debido a exposiciones crónicas a dicho contaminante, así como disminución de función pulmonar y exacerbaciones de asma (Ségal, 1999; Buchdahl, y col., 1996).

2.2.2.4. Ozono

El ozono es un contaminante que se encuentra de manera natural en la estratósfera, que se forma durante tormentas eléctricas debido al aporte de luz



el cual es necesario para formar una capa protectora contra la radiación ultravioleta (Gil y Adonis, 1998).

Por otro lado, se tiene el ozono generado por la actividad humana en la ciudad, el mismo que proviene principalmente de industrias químicas, es un contaminante secundario que se forma por la presencia de luz solar y por reacciones químicas entre hidrocarburos y óxidos de nitrógeno (Gavidia, y col., 2009). Sin embargo, para tener niveles elevados de contaminación no solo se necesita cumplir con las condiciones ya mencionadas, si no se requiere también de ciertas condiciones meteorológicas como que aumente la temperatura, presencia de luz y ausencia de viento (Aránguez, y col., 1999).

2.2.2.4.1. Efectos del Ozono sobre la salud

Este contaminante se encuentra distribuido en dos partes de la atmósfera, la primera encontrada en la estratósfera la cual actúa como un absorbente de la radiación ultravioleta actuando como protección para los seres vivos y el ecosistema, mientras que la segunda se encuentra ubicada en la troposfera teniendo así el denominado ozono troposférico el cual es perjudicial para salud de los individuos (Fahey, 2002). Entre los efectos que este genera se encuentran disminución de la función pulmonar, hiperreactividad de la vía aérea, inflamación pulmonar, aumento de la permeabilidad vascular pulmonar, broncoconstricción, incremento de síntomas respiratorios, entre otros (*Committee of the Environmental and Occupational Health Assembly of the American Thoracic Society*, 1996; Bello y Oyarzún, 1991).

2.2.2.5. Benceno

El benceno se caracteriza por ser un líquido incoloro de olor dulce, tiene la propiedad de evaporarse rápidamente al aire y de ser ligeramente soluble en el agua, además es sumamente inflamable (Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades, 2007). El benceno es un hidrocarburo aromático considerado un contaminante atmosférico de particular interés debido a sus características genotóxicas y por su omnipresencia en las emisiones de tráfico (Baeza, y col., 2001).



La mayoría del benceno se produce a partir del petróleo, y es empleado en la producción de varias resinas, nylon, fibras sintéticas, en la manufactura de caucho, lubricantes, tinturas, detergentes y plaguicidas. Como principal fuentes de benceno tenemos el humo de tabaco, las gasolineras, emisiones industriales y del tubo de escape de automóviles (Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades, 1997).

2.2.2.5.1. Efectos del benceno sobre la salud.

La exposición aguda al benceno y sus derivados ocasiona en las personas irritación ocular, dérmica y de las vías respiratorias, además pueden causar vómitos, mareos, somnolencia, convulsiones e incluso la muerte. En las mujeres expuestas en el ámbito profesional, puede causar trastornos menstruales e hipotrofia ovárica (Tortajada y Ferrís, 2001).

2.2.3. Factores Meteorológicos

Al hablar de condiciones meteorológicas se puede decir que el tiempo es difícil de definir ya que es la suma de distintos estímulos atmosféricos, además que dichos elementos varían de un día para otro, y que los valores medios y sus desviaciones disimulan a corto plazo y a los valores extremos. Cabe mencionar también que el clima y las condiciones meteorológicas pueden variar de un lugar a otro incluso en los dos lados opuestos de un edificio (Hunn, 1980).

En los últimos años se han llevado a cabo muchos estudios utilizando técnicas de análisis de series temporales, por ejemplo se ha analizado la relación que existe entre los factores meteorológicos y la concentración de contaminantes en la atmósfera. Es así que se tiene estudios como el realizado en Europa, el proyecto *Air Pollution and Health and European Approach (APHEA)* en donde se encontró que los componentes relacionados con el clima, jugaban un papel modificador del efecto de la contaminación con la mortalidad (Katsouyanni, y col., 1996).

La concentración de los contaminantes en el aire no depende solo de la cantidad de emisiones sino también del transporte y transformación que los



contaminantes sufren en la atmósfera, estos procesos están determinados por factores meteorológicos (Onursal y Gautam , 1997), dentro de estos factores meteorológicos se encuentra la presencia de vientos, la temperatura, la altura o profundidad de la capa de mezcla, la radiación solar y la precipitación (Matus y Lucero, 2002).

La Temperatura es uno de los principales factores, ya que durante los días con temperaturas más altas (Sartor, y col., 1995) o en los meses más calurosos (Sunyer, y col., 1996) se ha descrito un efecto mayor del ozono. Los ingresos por enfermedades circulatorias atribuibles al ozono son estadísticamente significativos en los meses cálidos pero no en el resto del año (Ballester, y col., 2006). Es por ello que en Barcelona - España, ciudad ubicada en la zona templada, se tiene contaminación atmosférica que proviene de vehículos en su mayoría, presenta riesgos de fallecimiento a causa del O_3 , presentando mayores casos clínicos en los meses cálidos (mayo a octubre) (Saurina, y col., 1999). Estos riesgos se ven incrementados en individuos que presentan afecciones pulmonares crónicas, pese a que no se conozca aún el mecanismo biológico que relaciona al O_3 con la mortalidad (Kinney y Ozkaynak, 1991).

La geografía del lugar juega un papel muy importante en la dispersión y dinámica de los contaminantes. Un estudio realizado en México específicamente en la zona metropolitana de la ciudad de México ubicada a 2240 msnm y que se encuentra rodeada por montañas que alcanzan una altura promedio de 1000 m, se determinó que por dichas características el oxígeno está disminuido a -23%, lo que a su vez reduce la eficiencia de la combustión interna y por ende genera un aumento del CO_2 y de hidrocarburos (Vallejo, y col., 2003), facilitando también la transformación de los contaminantes primarios en secundarios por efecto de la radiación.

Otro caso se puede observar en la ciudad de Santiago, la misma que debido a los fenómenos de inversión térmica y a que se encuentra ubicada en una cuenca cerrada por cerros y la cordillera de los Andes, genera un incremento de material particulado a baja altura, esto se debe también a que por las



condiciones mencionadas anteriormente se produce una disminución de la dispersión vertical de los contaminantes (Koutrakis, y col., 2005).

Se puede claramente diferenciar distintos niveles de contaminación en época de verano con la de invierno, en el invierno los sucesos de contaminación pueden ocurrir por causa de estancamiento del aire, dando lugar a la acumulación de los contaminantes, en verano estos sucesos pueden darse en los días calurosos y de mayor radiación, en donde se aceleran las reacciones fotoquímicas de ciertos contaminantes como de los óxidos de nitrógeno y los hidrocarburos, dando lugar a la formación del ozono (OMS, 1992).

Según un estudio realizado en la Universidad Autónoma de Baja California de México, se encontró que la máxima cantidad de enfermedades respiratorias se presentaban entre las estaciones de otoño e invierno, así como la mayor concentración de PM_{10} y CO y que los valores mínimos de enfermedades respiratorias se presentaban en el verano; también se encontró que el O_3 estaba en niveles elevados entre las estaciones de primavera y verano, con lo que se concluyeron que tiene un efecto retardado sobre estas enfermedades (Reyma, 2006).

En otro trabajo realizado en Zaragoza - España entre los años 1991 - 1995 se concluyó que existe una asociación fuerte entre la mortalidad por enfermedades respiratorias en época de verano más que en la de invierno, una de las causas podría ser a que en la época invernal existe una menor exposición de las personas a los contaminantes, en lo referente a las enfermedades relacionadas al aparato circulatorio se encontró una relación con la concentración de humus principalmente en la época cálida (Arribas, y col., 2001). Por lo que no sólo el frío se relaciona con el incremento en la mortalidad por enfermedades respiratorias y cardiovasculares, sino que también las temperaturas altas constituyen un factor (Ferran, 1996).

En otra investigación se concluye que los ingresos hospitalarios por causas respiratorias están asociados fuertemente con descensos de temperatura (Lage, y col., 1999), las bajas temperaturas están relacionadas con la disminución de la inmunidad natural en las vías respiratorias, otro factor



importante son las bajas humedades que puede dar lugar al agravamiento de la bronquitis (Muñoz y Carvalho, 2009).

En un estudio realizado en Bogotá se encontró que el factor meteorológico que más influye en la concentración de material particulado es el viento, con datos que indican que se tiene una disminución de $27 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en la concentración diaria de PM_{10} por el aumento de cada 1 m/s en la velocidad del viento (Arciniegas, y col., 2006). La concentración de material particulado en la atmosfera también depende de otro factor meteorológico como es la precipitación ya que a mayor cantidad de lluvia, menor concentración de material particulado, con los vientos se observa que a menor velocidad mayor concentración de material particulado (Muñoz, y col., 2007).

En meses secos se ha observado que existe mayor evidencia de amigdalitis y asma no específica, mientras que en meses lluviosos estos disminuyen teniendo así una relación indirecta entre las enfermedades mencionadas y la presencia de lluvia (Onatra, y col., 2009). Mientras que en otra investigación realizada se observó que los intervalos entre las épocas secas y las lluvias agravan las enfermedades pulmonares, demostrando así que los factores meteorológicos para el caso del material particulado presenta diferentes resultados en cada lugar (D"Amato y Cecchi, 2008).

2.2.4. Enfermedades respiratorias

Para conocer las afecciones que pueda sufrir el aparato respiratorio primero es necesario conocer cuál es su función esencial, la cual consiste en permitir que el intercambio pulmonar de gases sea el ideal, lo que significa que los niveles de oxígeno necesario para la vida celular sea el óptimo y a su vez permitir simultáneamente la eliminación del CO_2 generado por el metabolismo tisular (Rodríguez, 2004). Cuando la función normal del sistema respiratorio se altera da lugar a varias patologías dependiendo de cuál sea la causa que lo produzca, entre estas tenemos las siguientes.



2.2.4.1. Enfermedad Pulmonar Obstructiva Crónica (EPOC)

La EPOC se caracteriza por un bloqueo persistente del flujo del aire, es capaz de alterar la respiración normal y no es totalmente reversible (OMS, 2012). Los factores que inducen a la presencia de esta patología es el tabaquismo, exposición laboral a polvos, humos, gases y vapores (Celli y MacNee, 2004; *Global Initiative for Chronic Obstructive Lung Disease*, 2001), sin embargo puede existir la influencia de otros factores como por ejemplo las infecciones repetidas de las vías respiratorias inferiores en la infancia y la inactividad física (OMS, 2012).

2.2.4.2. Fibrosis Pulmonar (FP)

Es una enfermedad debilitante que se caracteriza por una progresiva cicatrización de los pulmones, lo que hace que el pulmón pierda su flexibilidad y deteriora su función, aparece con más frecuencia en los hombres con edad media de 40 a 70 años (González, 2008). La presencia de esta enfermedad puede estar relacionada con situaciones, como la exposición a material particulado (Polvo metálico, polvo de madera, humos), gases, quimioterapias, infección viral, humo del tabaco o también puede producirse por antecedentes familiares (Lane, 2005).

2.2.4.3. Rinitis

La rinitis es definida como la inflamación de la mucosa nasal originada después que el individuo ha sido expuesto a un determinado alérgeno (Terreros, 2013). Entre los factores de riesgo más comunes para esta enfermedad respiratoria se encuentran los ácaros, epitelio animal, polvo y adicionalmente a estos el humo de tabaco juega un papel muy importante al favorecer la sensibilización ya que este es un potente irritante en las personas (Dykewicz y Fineman, 1998; Pedinoff, 1996).

2.2.4.4. Asma

Se define como una enfermedad inflamatoria crónica de las vías aéreas del sistema respiratorio, está acompañada de una mayor reactividad traqueo



bronquial, generalmente se da por una obstrucción extensa del flujo aéreo que es reversible (GINA, 2012). Dentro de los factores de riesgo para que se presente esta enfermedad tenemos factores genéticos como los antecedentes heredofamiliares y factores ambientales como la exposición al humo del tabaco, niveles elevados de alérgenos intradomiciliarios, actividad laboral, contaminación atmosférica, el frío y la humedad (Johansson, y col., 2004).

2.2.4.5. Infección Respiratoria Aguda (IRA)

Presenta síntomas como: tos, rinorrea, obstrucción nasal, odinofagia, secreción bronquial, disfonía, respiración ruidosa y dificultad respiratoria (Morales De León, y col., 1997). Es generada principalmente por factores ambientales, microorganismos virales, bacterianos, desnutrición, entre otros. Esta infección respiratoria se da en su mayoría en niños, es por ello que se atribuye a la IRA como la enfermedad respiratoria causante de 4,3 millones de muertes al año en niños menores de 5 años alrededor del mundo (Hernández, 2005).

2.2.4.6. Faringitis

Es la inflamación de las membranas mucosas de la garganta debido a una infección viral o bacteriana, aunque del 65 al 80 % son víricas, la misma tiene un predominio estacional en invierno y otoño (De La Flor Bru, 2013). El grupo más afectado y el que presenta un riesgo mayor son los niños de 5 a 15 años, las manifestaciones clínicas más comunes son fiebre, cefalea, malestar general, en muchos casos puede ir acompañada de náuseas, vómitos, dolor abdominal cuando existen complicaciones (Bisno, 2001).

2.2.4.7. Neumonía

Es un proceso inflamatorio agudo del parénquima pulmonar, consiste en un grupo de infecciones ocasionadas por microorganismos, un cuadro clínico típico se caracteriza por la presencia de escalofríos, fiebre, tos productiva, espectoración, dolor torácico y eventualmente herpes labial (Álvarez, y col., 2010). Algunos factores como el alcohol, la edad avanzada, el tabaquismo, la



deshidratación, infecciones víricas y ciertos fármacos pueden predisponer a que se de este tipo de infecciones (Rodríguez y Solé, 2005).

2.2.4.8. Bronquiolitis

Es una infección del tracto respiratorio con etiología viral que se caracterizan por ser leves, generalmente se caracterizan por presencia de sibilancia, fiebre, tos en lactantes menores de dos años. Entre los factores de riesgo están la prematuridad, edad menor a tres meses, padres fumadores, nivel socio económico bajo, entre otras (Pérez, y col., 2010).

2.2.4.9. Bronconeumonía

La Bronconeumonía hace referencia a la inflamación de los bronquios del parénquima pulmonar, esta enfermedad es habitualmente de carácter infecciosa, la cual puede ser bacteriana, viral, parasitaria o micótica (Castellanos y Herrera, 2000). Esta enfermedad es una de las principales causantes de muerte en todo el mundo y ataca principalmente a niños, debilitados y adultos de la tercera edad (Barraza, 1994).

2.2.5. Enfermedad cardiovascular

2.2.5.1. Trombosis Venosa

Es una enfermedad mutagénica, ocasionada por la presencia de un trombo que generalmente esta compuesto de plaquetas, hematíes y fibrina, este trombo bloquea parcial o totalmente la circulación venosa profunda (Polak , 2004).

Entre los factores de riesgo que predisponen a un individuo a sufrir esta enfermedad están lesión endotelial, estasis venosa, proceso infeccioso y alteraciones en el componente sanguíneo (Aguilar, y col., 2010), estudios epidemiológicos recientes han demostrado que esta enfermedad también tiene relación con la contaminación ambiental (Nauffal, y col., 2011).



III. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Objetivo General

Identificar el riesgo en la salud ocasionado por los contaminantes atmosféricos en la ciudad de Cuenca.

3.2. Objetivos Específicos

- Levantar información de los casos clínicos respecto a enfermedades respiratorias y de una de las enfermedades cardiovasculares en los principales centros de salud públicos de la ciudad de Cuenca.
- Analizar la relación entre la concentración de los contaminantes atmosféricos y los factores meteorológicos.
- Comparar la concentración de los contaminantes atmosféricos en relación con el número de consultas al servicio de urgencias y de consulta externa por enfermedades respiratorias y una de las enfermedades cardiovasculares.



IV. METODOLOGÍA

4.1. Tipo de estudio

Se trata de un estudio descriptivo de corte transversal sobre las enfermedades respiratorias y una enfermedad cardiovascular a realizarse en los Hospitales de referencia Vicente Corral Moscoso y José Carrasco Arteaga.

4.2. Área de estudio

El trabajo se realizó en la ciudad de Cuenca, que se encuentra ubicada en el centro sur del Ecuador y que es capital de la provincia del Azuay. Cuenca se encuentra a una altura de 2500 msnm, presenta una temperatura que va de 7 a 15°C en época de frío y de 12 a 25 °C en meses cálidos, esto debido a que se encuentra rodeado de formaciones montañosas al norte, sur y este, es por ello que también presenta vientos fuertes que generalmente se desplazan desde el este hacia el oeste.

Actualmente la ciudad de Cuenca tiene un creciente parque automotor y por ende un incremento en la contaminación atmosférica. Desde el año 2008 la ciudad cuenta con una red de monitoreo de la calidad del aire, siendo controlada y manejada por parte de la Empresa Pública Municipal de Movilidad, Tránsito y Transporte (EMOV- EP). Dicha red de monitoreo se encuentra constituida por 19 estaciones pasivas, una estación automática y tres estaciones activas (semiautomáticas).

Las estaciones pasivas se distribuyen estratégicamente en distintos lugares de la ciudad Cuenca (Figura 1). En estas estaciones se mide la concentración de NO₂, O₃, SO₂, benceno, tolueno y xileno. Las muestras se toman cada 10 días y posteriormente son analizadas en el laboratorio de la misma entidad pública, reportando los valores obtenidos.

La estación automática está localizada en el centro de la ciudad (calle Simón Bolívar y la calle Presidente Borrero). Esta estación registra los datos de CO, SO₂, NO₂, O₃ y PM_{2,5} en tiempo real, tomando muestras de aire cada minuto, y a través de un registrador de datos envía la información mediante un sensor de fibra óptica a las instalaciones de la EMOV EP para ser analizados. El área de

monitoreo de contaminantes de esta estación es de aproximadamente 3 km² (centro histórico de la ciudad).

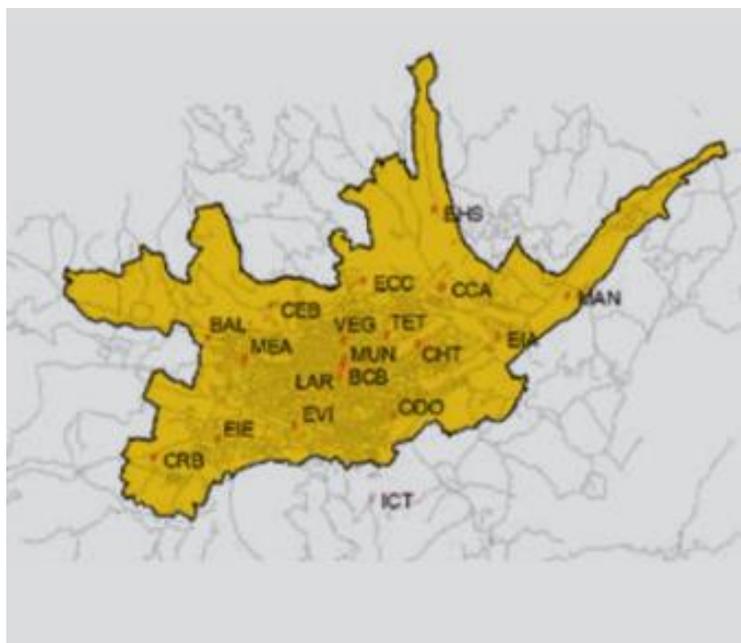


Figura 1. Ubicación de la Red de Monitoreo de la ciudad de Cuenca.

Fuente: (EMOV EP, 2012)

La EMOV cuenta con una sub red activa de monitoreo de PM₁₀, está conformada por tres estaciones semiautomáticas de alto volumen programadas para trabajar 24 horas consecutivas, con un intervalo de la toma de muestras de 6 días.

4.3. Muestra

Se trata de un trabajo con una muestra no probabilística, de pacientes (causas respiratorias y una enfermedad cardiovascular) que acuden a las casa de salud incluidas en el estudio.

4.4. Variables

4.4.1. Variables dependientes

Las enfermedades respiratorias (asma, bronconeumonía, neumonía, bronquiolitis, faringitis, EPOC, IRA, fibrosis pulmonar, rinitis, bronquitis) y enfermedad cardiovascular (trombosis venosa). En uno de los objetivos la



concentración de los contaminantes atmosféricos (benceno, NO₂, O₃, PM₁₀, SO₂) se toma como variables dependientes.

4.4.2. Variables Independientes

La concentración de los contaminantes atmosféricos (benceno, NO₂, O₃, PM₁₀, SO₂), los factores meteorológicos (humedad, precipitación, velocidad del viento, temperatura).

4.5. Instrumentos de medición

4.5.1. Formulario

Se estructuró un formulario para el levantamiento de la información de las fichas clínicas de los hospitales de referencia. En el mismo se planteó los aspectos necesarios para dar como válida o no la ficha clínica analizada (anexo 1).

4.6. Procedimientos y técnicas

4.6.1. Levantamiento de información

Los datos respecto a la concentración de los contaminantes atmosféricos (benceno, NO₂, O₃, PM₁₀, SO₂) de los años 2010, 2011 y 2012, fueron proporcionados por la empresa encargada del control de la calidad de aire en la ciudad de Cuenca (EMOV EP) mediante informes elaborados por parte de dicha empresa acerca de todo el monitoreo de la calidad de aire referente a los años anteriormente mencionados.

En cuanto a los datos de los factores meteorológicos, fueron proveídos por la estación meteorológica del Centro de Estudios Ambientales de la Universidad de Cuenca (CEA) ubicada en la Universidad Estatal de Cuenca en la calle 12 de Abril, se recopilaron los datos de temperatura, dirección del viento, precipitación y humedad.

Los datos relacionados a la morbilidad y mortalidad ocasionados por enfermedades respiratorias y una de las enfermedades cardiovasculares, se obtuvo de los Hospitales públicos José Carrasco Arteaga y Vicente Corral



Moscoso. Se consideró el número total de consultas referente a los dos tipos de enfermedades, que se dividen en servicios de urgencias y de consulta externa, durante el periodo de enero 2010 a diciembre 2012, para esto se empleó un formulario de levantamiento de información.

4.6.2. Procesamiento de la información

Con la finalidad de conocer la incidencia que tienen los factores meteorológicos en la concentración de los contaminantes atmosféricos, se aplicó un análisis estadístico de los datos recopilados basados en la regresión lineal y correlación, en donde la variable dependiente o variable de respuesta es la concentración de los contaminantes (benceno, NO₂, O₃, PM₁₀, SO₂) y la variable independiente o variable explicativa son los factores meteorológicos (temperatura, humedad, velocidad del viento y precipitación). Este método consiste en calcular medidas numéricas que permitan expresar estadísticamente la relación entre las variables aleatorias, además nos permite conocer el grado de relación es decir si esta es fuerte o es débil, si es directa o es inversa, todo lo cual se sustenta en una ecuación matemática del modelo de la realidad que también nos ayudó a estimar o proyectar una variable en base de otra. Lo que se puede concluir que el análisis de regresión lineal nos permite hacer estimaciones y el análisis de correlación medir la relación entre las variables.

En el análisis de correlación se calcula el coeficiente de correlación o “r” de Pearson, el mismo que mide la fuerza de la asociación lineal entre dos variables, el valor de “r” va desde -1 a +1, mientras más cercano sea el valor de “r” a +1 o -1 mayor fuerza tiene la relación, cuando el valor de “r” es positivo la relación entre las variables es directa y cuando el valor de “r” es negativo existe una relación inversa entre las variables, dicho valor se calcula mediante la siguiente expresión,

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{(n-1)S_x S_y} \quad [1]$$



donde,

x_i = Cualquier valor de la variable independiente que se seleccione.

\bar{x} = Valor de la media de la variable independiente.

y_i = Cualquier valor de la variable dependiente que se seleccione.

\bar{y} = Valor de la media de la variable dependiente.

n = Número total de datos.

S_x = Desviación estándar del grupo de datos de la variable independiente.

S_y = Desviación estándar del grupo de datos de la variable dependiente.

En el análisis de regresión se emplea la ecuación de la recta, para estimar el valor de “y” en función de los valores de “x”, el propósito de la regresión lineal es determinar el valor de la intersección con el eje “y” y el valor de la pendiente de la recta. A continuación se muestra la ecuación de la recta.

$$\hat{y} = a + bx \quad [2] \qquad b = r \frac{S_y}{S_x} \quad [3] \qquad a = \bar{y} - b\bar{x} \quad [4]$$

donde,

\hat{y} = Valor de la estimación de la variable “y”, para un valor “x” seleccionado.

a = Valor estimado de “y” donde la recta de regresión cruza el eje “y” cuando $x=0$.

b = Pendiente de una recta o cambio promedio en \hat{y} para cada cambio de una unidad de la variable independiente x .

x = Cualquier valor de la variable independiente que se seleccione.

r = Coeficiente de correlación.



S_x = Desviación estándar del grupo de datos de la variable independiente.

S_y = Desviación estándar del grupo de datos de la variable dependiente.

\bar{y} = Valor de la media de la variable dependiente.

\bar{x} = Valor de la media de la variable independiente.

Por otro lado para conocer si en la ciudad los cambios en la concentración de los contaminantes afecta o no la salud de las personas, se aplicó un análisis estadístico de la información basado en una regresión multivariante de Poisson perteneciente a la familia de modelo lineales regresivos. El mismo análisis se empleó para ver la relación entre los casos clínicos y los factores meteorológicos.

Como valor agregado se utiliza el modelo de regresión para hacer predicciones futuras. La información fue procesada mediante el programa estadístico de libre acceso “*Statistical Package for the Social Sciences (SPSS) 22.0*” y para las pruebas estadísticas del análisis se elaboraron tablas de contingencia. Se pretendió un análisis multivariado, aplicando modelos de correlación entre ambos grupos de datos (Casos clínicos y niveles de contaminación) (Casos clínicos y factores meteorológicos).

El análisis de regresión de Poisson fue aplicado a los datos recogidos referentes a los 12 meses de los años 2010, 2011 y 2012. La variable de respuesta o variable dependiente es el número de casos clínicos de cada enfermedad en estudio (asma, bronconeumonía, bronquiolitis, bronquitis, EPOC, fibrosis pulmonar, faringitis, IRA, neumonía, rinitis y trombosis venosa), exploramos su relación con las cantidades de contaminante del aire (benceno, NO_2 , O_3 , PM_{10} y SO_2) para el primer caso y con los factores meteorológicos (temperatura, humedad, velocidad del viento, precipitación) para el segundo caso, que actúan como variables independientes o variables explicativas.

Asumimos un modelo de Poisson, debido a que nuestra variable de respuesta es una variable de recuento y cada contaminante y factor meteorológico tiene



la misma cantidad de tiempo de observación, además se ve que la varianza de nuestra variable de respuesta y la media son casi iguales. Se trata de una expresión logarítmica, la misma que fue aplicada individualmente para cada variable independiente. La expresión que asume la distribución de Poisson se explica a continuación,

$$\ln y = c + a_1x_1 + a_2x_2 \dots + a_nx_n \quad [5] \quad \rightarrow \quad y = e^{(c+a_1x_1+a_2x_2 \dots a_n)} \quad [6]$$

donde,

y = Valor de la estimación de la variable “y”, para un valor “x” seleccionado.

c = Valor estimado de “y” donde la recta de regresión cruza el eje “y” cuando $x=0$.

a_1 = Cambio promedio en “y” para cada cambio de una unidad de la variable dependiente x.

x_1 = Cualquier valor de la variable independiente que se seleccione.

e = Constante matemática.

V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1. Análisis de los Factores meteorológicos con los Contaminantes.

Tabla 1. Coeficientes de regresión lineal en relación a los contaminantes y factores meteorológicos de los años 2010, 2011 y 2012.

Coeficientes de regresión lineal de los contaminantes en relación a los factores meteorológicos en los años 2010, 2011 y 2012.				
	Temperatura (°C)	Humedad (%)	Velocidad del viento (km/h)	Precipitación (mm/mes)
Benceno ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	0,04	0,00	0,05	0,01
NO ₂ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	-0,20	-0,05	0,10	0,00
O ₃ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	-0,92	-1,12	0,12	0,06
PM ₁₀ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	-2,65	0,09	-0,11	-0,04
SO ₂ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	2,04	0,31	-0,29	-0,03

Fuente: Formulario de datos.

Realizado por: Los autores.

En la tabla 1 se muestra los resultados conjuntos de los coeficientes de variación en los años 2010, 2011 y 2012 de todas las variables dependientes (contaminantes) con respecto a las variables independientes (factores meteorológicos), señalando el 20% de los datos más representativos (principio de Pareto 80/20). De esta manera según la figura 2 se puede observar que cuando la temperatura aumente en 1 °C, el O₃ disminuye su concentración en -0,92 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, presentando un resultado contradictorio a otros estudios donde manifiestan que el O₃ tiene una relación directa con la temperatura, es decir que la concentración del O₃ aumenta cuando la temperatura incrementa su valor (Sartor, y col., 1995; Sunyer, y col., 1996). En cuanto al PM₁₀ se observa un comportamiento inverso con respecto a la temperatura, disminuyendo su concentración en -2,65 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ por cada grado centígrado que se incremente. Para el caso del SO₂ la relación con la temperatura es directa ya que aumenta su concentración en 2,04 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ por cada grado de temperatura que se incremente, los resultados obtenidos en cuanto a este contaminante coinciden con el estudio de Klaus y Jáuregui realizado en México en el año de 1979

donde indican que la concentración de SO_2 aumenta en los días de mayor temperatura.

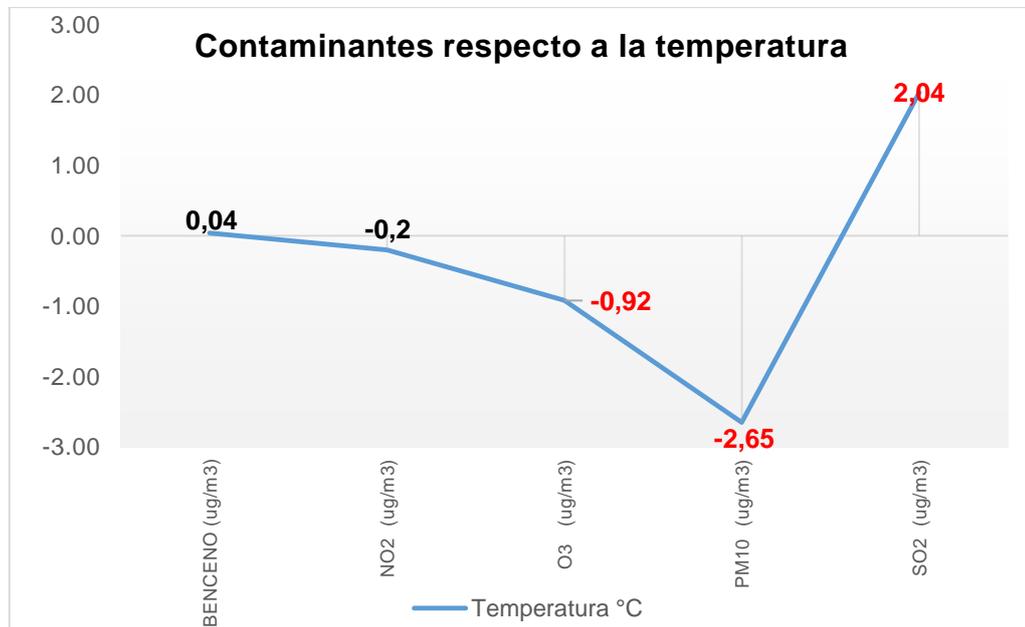


Figura 2. Coeficientes de regresión lineal de la variación de los contaminantes en relación a la variación en 1°C de la temperatura en los años 2010, 2011 y 2012.

Fuente: Formulario de datos.

Realizado por: Los autores.

Por otro lado se encuentra una relación inversa entre la humedad y el O_3 que disminuye su concentración en $-1,12 \mu\text{g}/\text{m}^3$, por cada 1% que aumente la humedad, como se puede observar en la figura 3.

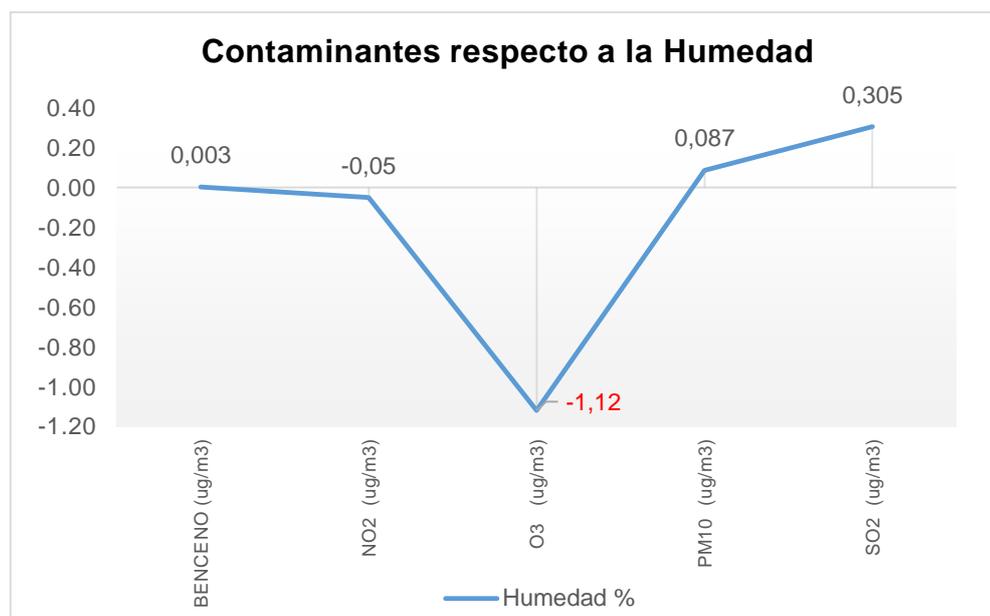


Figura 3. Coeficientes de regresión lineal de la variación de los contaminantes en relación a la variación en 1% de la humedad en los años 2010, 2011 y 2012.

Fuente: Formulario de datos.

Realizado por: Los autores.

La precipitación ha tomado parte en varios estudios referente al PM₁₀, mostrando significancias estadísticas entre el PM₁₀ y la precipitación, como el trabajo realizado por Muñoz (2007) donde se demuestra que a medida que aumenta la precipitación disminuye la concentración de PM₁₀, en esta investigación se encontró la misma relación entre estas dos variables (tabla 1), en donde, la correlación generada muestra un decremento de $-0,04 \mu\text{g}/\text{m}^3$ por cada incremento de 1 mm/mes de la precipitación, es importante mencionar que en algunos meses del año la precipitación alcanza promedios mensuales de hasta 163 mm/mes, por esta razón se lo considera como un valor significativo.

En el caso de la velocidad del viento su correlación no es significativa pero se muestra claramente una relación inversa, disminuyendo el PM₁₀ en $-0,11 \mu\text{g}/\text{m}^3$ cuando la velocidad del viento aumenta en 1 km/h, resultados que se han obtenido también en el estudio realizado por Arciniegas (2006) donde se indica que la concentración de PM₁₀ disminuye en $27 \mu\text{g}/\text{m}^3$ por el aumento de cada 1 m/s en la velocidad del viento.



5.2. Análisis Factores meteorológicos con los Casos Clínicos

De los 12504 casos de enfermedades respiratorias y enfermedad cardiovascular que ingresaron a consulta externa y a urgencias en el Hospital Regional Vicente Corral Moscoso y a urgencias del hospital José Carrasco Arteaga durante los años 2010, 2011 y 2012, el 49,33% (6169 casos) ocupó la rinitis, seguida por el asma y la bronquitis con 15,83% (1979 casos) y 9,33% (1166 casos) respectivamente, la faringitis y la neumonía alcanzaron un porcentaje de 6,66% (833 casos) y de 6,05% (756 casos), la IRA y la bronconeumonía presentaron porcentajes de 3,69% (471 casos) y de 3,77% (462 casos) respectivamente, con porcentajes menores se tiene a la EPOC (3,38% con 423 casos), bronquiolitis (0,98% con 122 casos), fibrosis pulmonar (0,64% con 80 casos) y la trombosis venosa (0,34% con 43 casos).

De todos los casos clínicos el 52% de los pacientes fueron mujeres y el 48% hombres, de los cuales 6273 (50%) eran niños, 1643 (13%) adolescentes, 3136 (25%) adultos y 1452 (12%) adultos mayores a 65 años.

Se elaboró una comparación de los casos clínicos respecto a los factores meteorológicos mediante la regresión de Poisson, para conocer si la relación existente entre estos es mayor o menor que la relación con respecto a la concentración de los contaminantes, como resultados se obtuvo lo siguiente.



Tabla 2. Variación de los casos clínicos con relación a los factores meteorológicos, expresados en porcentaje y número de personas.

Casos clínicos con respecto a los factores meteorológicos en los años 2010, 2011 y 2012	Número de personas que varían con respecto a los factores meteorológicos							
	% T	% H	% Vv	% P	T	H	Vv	P
Asma	1,15	1,20	-0,42	-0,05	0	0	0	0
Bronconeumonía	31,86	3,79	1,89	0,11	0	0	0	0
Bronquiolitis	15,49	2,02	5,54	0,61	0	0	0	0
Bronquitis	-13,32	1,61	0,80	0,10	-13	2	1	0
EPOC	5,76	-4,30	-1,88	0,00	6	-4	-2	0
Faringitis	-5,92	0,70	0,80	-0,10	-2	0	0	0
Fibrosis Pulmonar	-2,37	-4,50	0,90	-0,20	-1	-2	0	0
IRA	66,67	8,33	8,33	0,00	0	0	0	0
Neumonía	9,75	-5,07	2,02	0,30	6	-3	1	0
Rinitis	-6,20	-1,98	-0,70	0,00	-115	-37	-13	0
Trombosis Venosa	-8,61	-0,10	-0,60	-0,70	-1	0	0	0

Temperatura (T), humedad (H), velocidad del viento (Vv.), precipitación (P)

Fuente: Formulario de datos.

Realizado por: Los autores.

Como se puede observar en la tabla 2 la temperatura es el factor meteorológico que mayor influencia tiene en el número de casos clínicos, este es el caso de enfermedades como la bronquitis, EPOC, neumonía, rinitis y trombosis venosa.

En la Figura 4 se muestra que cuando la temperatura disminuye en 1 °C la bronquitis aumenta en 13,32% (13 casos clínicos). Una relación similar se presenta para la rinitis, en donde, al disminuir la temperatura en 1 °C ocasiona un aumento de 6,20% (115 casos clínicos), un trabajo realizado por Lage (1999) corrobora nuestros resultados el mismo que manifiesta que los ingresos

hospitalarios por causas respiratorias están asociados fuertemente con descensos de temperatura y que el efecto de la temperatura está relacionado con la disminución de la inmunidad natural en las vías respiratorias. Para el caso de enfermedades como la EPOC y la neumonía la relación que se presenta es directa, debido que al aumentar la temperatura en una unidad ocasiona el incremento en dichas enfermedades de 5,76% (6 casos clínicos) y 9,75% (6 casos clínicos) respectivamente, esto se puede explicar con lo que manifiesta Ferran (1996) que no sólo el frío se relaciona con el incremento en la mortalidad por enfermedades respiratorias y cardiovasculares, sino que también las temperaturas altas constituyen un factor.

Es necesario establecer que enfermedades tales como la IRA y la bronconeumonía no han sido descritos aun presentando porcentajes muy elevados de 66,67% y 31,86% respectivamente, esto debido a que el número de casos clínicos que estos porcentajes representan no llega ni a una persona.

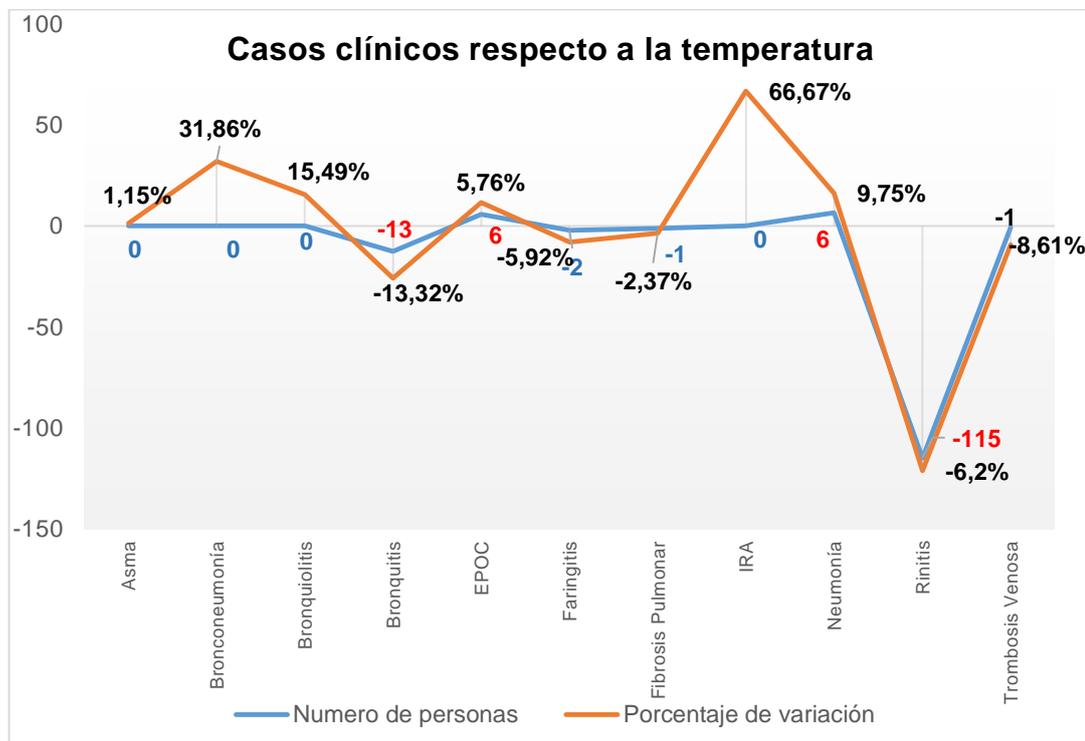


Figura 4. Porcentaje de variación y número de casos clínicos con respecto a la variación en 1 °C de temperatura.

Fuente: Formulario de datos.

Realizado por: Los autores.

La humedad es el factor meteorológico que muestra una relación inversa con la EPOC, neumonía y rinitis, tal como se puede observar en la figura 5, es decir, el número de casos clínicos de mencionadas enfermedades aumenta cuando la humedad disminuye una unidad. De esta manera considerando lo anteriormente mencionado, la EPOC aumenta en 4,3% (4 casos clínicos), la neumonía se incrementa en 5,07% (3 casos clínicos) y la rinitis en 1,98% (37 casos clínicos). Con respecto a la bronquitis se encuentra una relación directa, es decir cuando incrementa la humedad en una unidad genera un incremento de 1,61% (2 casos clínicos). Cabe mencionar que enfermedades como la IRA, fibrosis pulmonar, entre otras, no son tomadas en cuenta aun presentando porcentajes (tabla 2) por encima de los casos descritos con anterioridad, esto debido a que el número de personas atribuibles a dichos porcentajes son muy bajos.

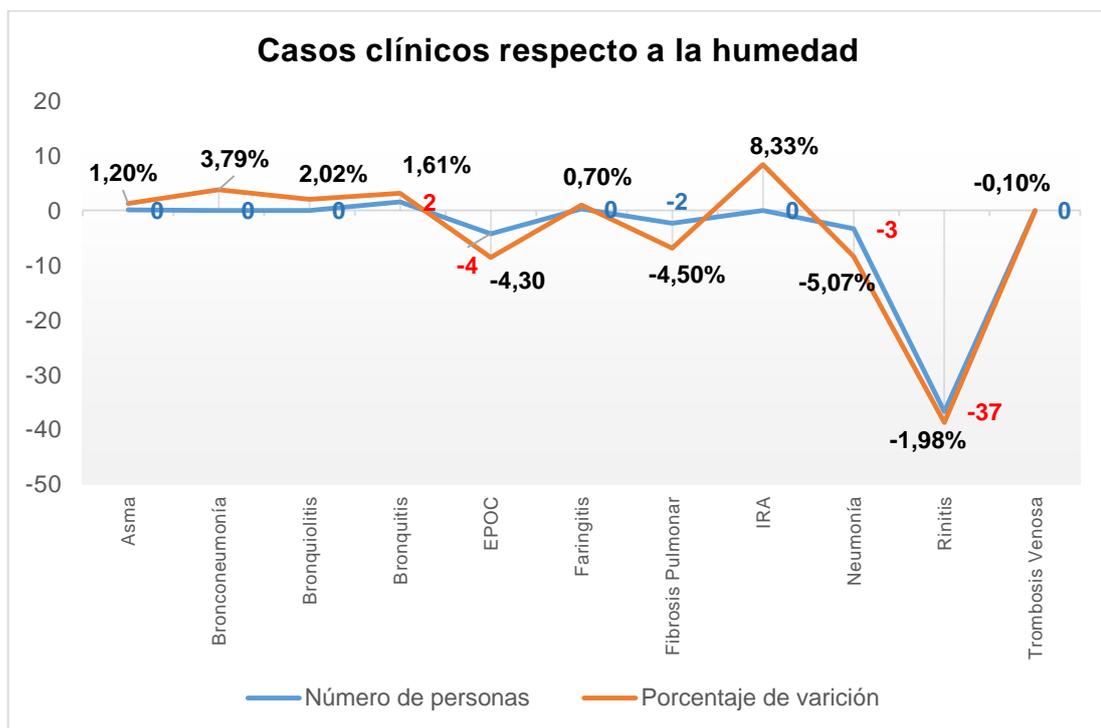


Figura 5. Porcentaje de variación y número de casos clínicos con respecto a la variación en 1% de la Humedad.

Fuente: Formulario de datos.

Realizado por: Los autores.

Si bien en la figura 6 se observa que la bronquiolitis y la IRA presentan porcentajes elevados de 5,54% y 8,32% respecto al incremento en el número de casos clínicos en relación a la velocidad del viento, sin embargo, dichos porcentajes no son significativos ya que no representan el aumento ni de un caso clínico (tabla 2). A diferencia de estos, la rinitis presenta un incremento en el número de casos clínicos de 0,70% atribuibles a 13 personas, esto cuando la velocidad del viento disminuye en 1 km/h.

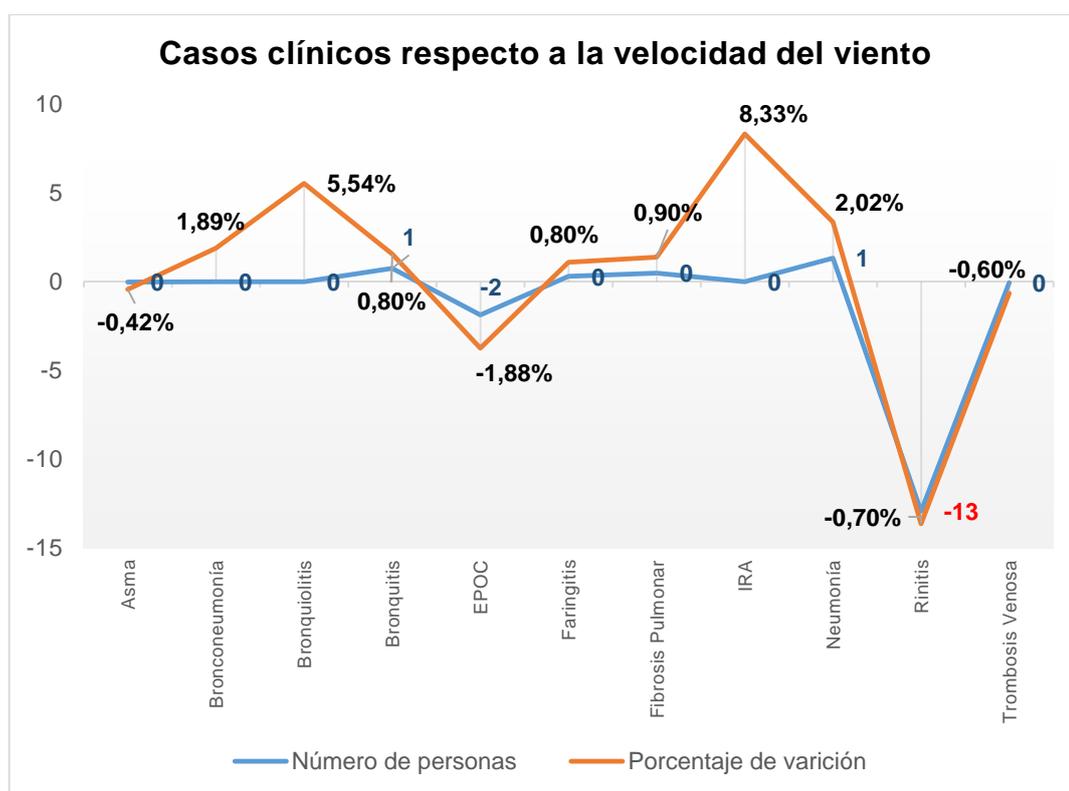


Figura 6. Porcentaje de variación y número de casos clínicos con respecto a la variación de 1 km/h en la velocidad del viento.

Fuente: Formulario de datos.

Realizado por: Los autores.



5.3. Análisis de los Contaminantes con los Casos clínicos.

Tabla 3. Variación de los casos clínicos con relación a la concentración de los contaminantes expresados en porcentajes y número de personas.

	Casos clínicos respecto a los contaminantes atmosféricos en los años 2010, 2011 y 2012.					Número de personas que varían con respecto a los contaminantes atmosféricos.				
	% Benceno	% NO ₂	% O ₃	% PM ₁₀	% SO ₂	Benceno	NO ₂	O ₃	PM ₁₀	SO ₂
Asma	36,34	-0,20	-0,80	-0,80	0,60	29	0	-1	-1	0
Bronconeumonía	12,19	1,82	-1,09	-0,90	4,39	1	0	0	0	0
Bronquiolitis	16,89	-5,13	-3,15	-4,08	1,29	8	-2	-1	-2	1
Bronquitis	6,29	0,80	-1,49	0,30	-0,70	2	0	-1	0	0
EPOC	3,35	-1,19	0,60	-0,40	-3,82	1	0	0	0	-1
Faringitis	12,41	-3,15	0,20	-1,69	1,01	6	-1	0	-1	0
Fibrosis Pulmonar	-19,51	-0,70	3,87	-3,05	-3,34	-1	0	0	0	0
IRA	7,36	12,07	-1,78	-5,63	4,92	1	2	0	-1	1
Neumonía	11,63	-4,30	-1,19	-2,37	0,10	12	-5	-1	-3	0
Rinitis	3,67	-3,92	0,10	0,10	-0,90	11	-12	0	0	-3
Trombosis Venosa	-0,80	-12,01	1,71	3,56	4,81	0	0	0	1	1

Fuente: Formulario de datos.

Realizado por: Los autores.

En la tabla 3 se muestra el porcentaje de variación del número de casos clínicos con respecto a la concentración de los contaminantes, donde se puede observar que el benceno es el contaminante que tiene una relación directa con la mayoría de las enfermedades estudiadas, por ejemplo con el asma presenta una relación de incremento de casos clínicos de hasta el 36,34% (29 casos clínicos), la neumonía con un porcentaje de incremento del 11,63% (12 casos clínicos), la rinitis con 3,67% (11 casos clínicos), la bronquiolitis con el 16,89% (8 casos clínicos), la faringitis con el 12,41% (6 casos clínicos), la bronquitis con el 6,29% (2 casos clínicos) y finalmente con la bronconeumonía con el 12,19% (1 caso clínico), los cuales aumentan en dichos porcentajes por cada $\mu\text{g}/\text{m}^3$ que se incremente el benceno, aunque no se encontró estudios que muestren una relación con las enfermedades analizadas en esta investigación,

Baeza y col., (2001) manifiesta que el benceno es un contaminante de particular interés debido a su omnipresencia en las emisiones de tráfico y el humo de cigarrillo; el comportamiento de este contaminante se observa de una manera más clara en la figura 8.

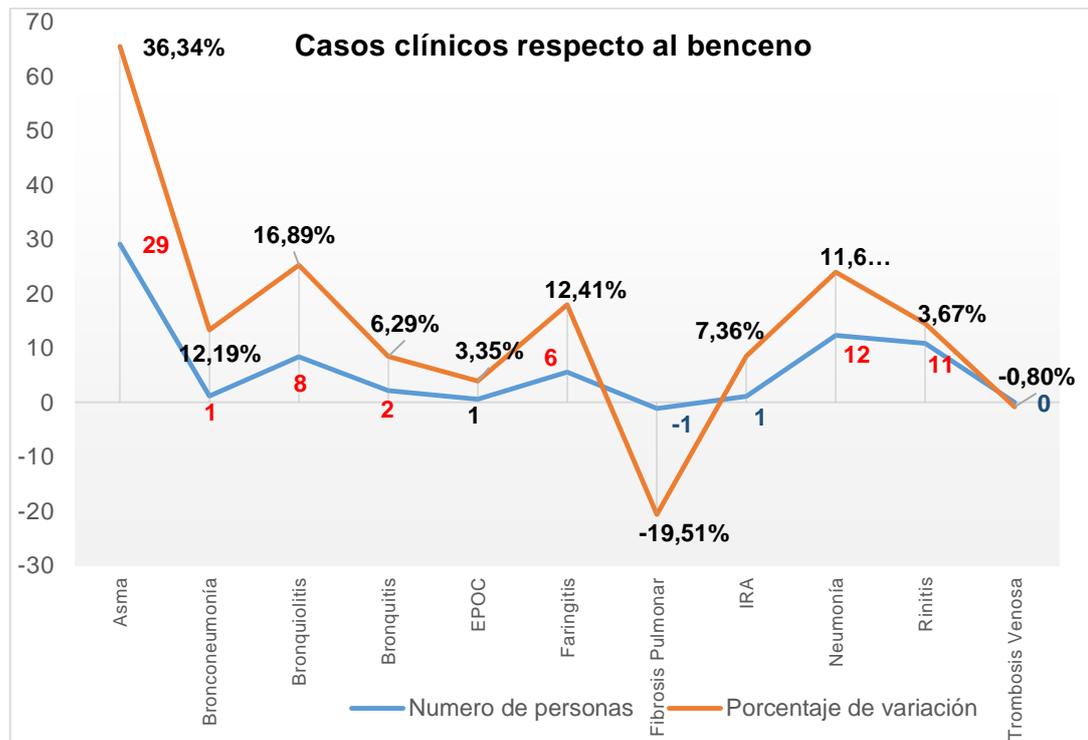


Figura 8. Porcentaje de variación y número de casos clínicos con respecto a la variación en un $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ del benceno.

Fuente: Formulario de datos.

Realizado por: Los autores.

Como se puede observar en la figura 9 el NO_2 genera un aumento en el número de casos clínicos por IRA del 12,07% (2 casos clínicos) por cada $\mu\text{g}/\text{m}^3$ que se incremente la concentración del NO_2 ; según Ségal (1999) y Buchdahl y col. (1996) en sus trabajos realizados manifiestan que el NO_2 genera un incremento en la tos y secreciones bronquiales que son síntomas comunes de la IRA dando con esto sustento al resultado obtenidos en esta investigación.

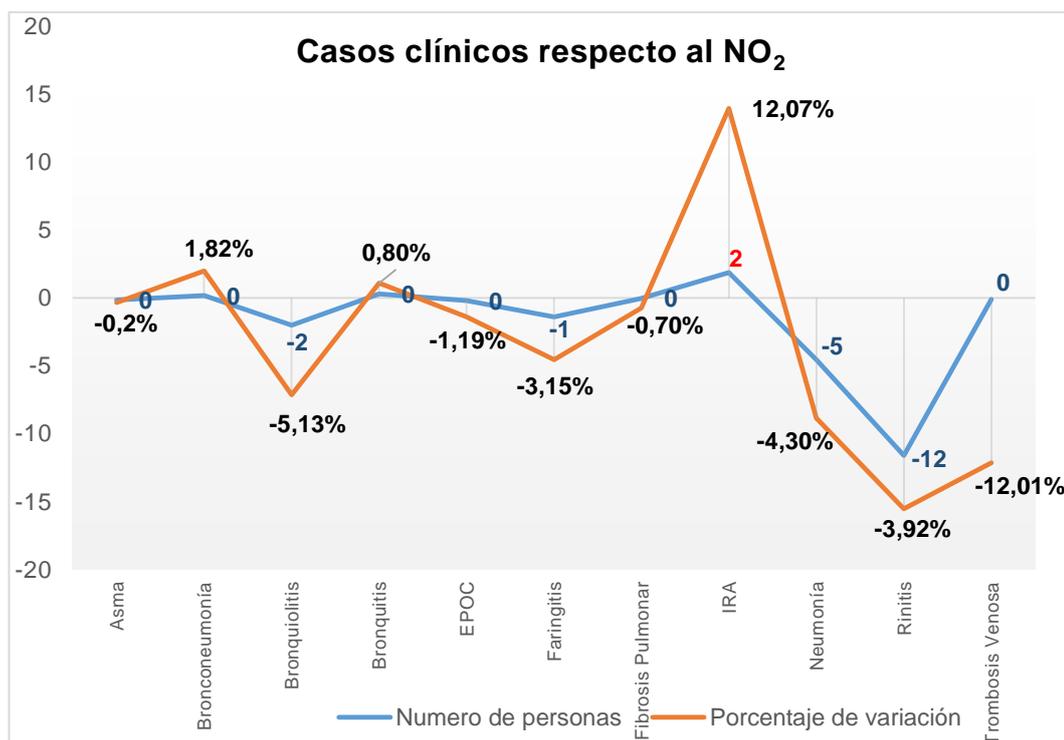


Figura 9. Porcentaje de variación y número de casos clínicos con respecto a la variación en $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ del NO₂.

Fuente: Formulario de datos.

Realizado por: Los autores.

En la figura 10 se indica el comportamiento que tiene el PM₁₀ con respecto a las enfermedades, mostrando relación con la trombosis venosa única enfermedad cardiovascular analizada en este estudio, generando un aumento del 3,56% (1 caso clínico) de los casos clínicos por trombosis venosa por cada incremento en un $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en la concentración del PM₁₀, es importante mencionar que en algunos meses el PM₁₀ alcanza valores de hasta $70 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

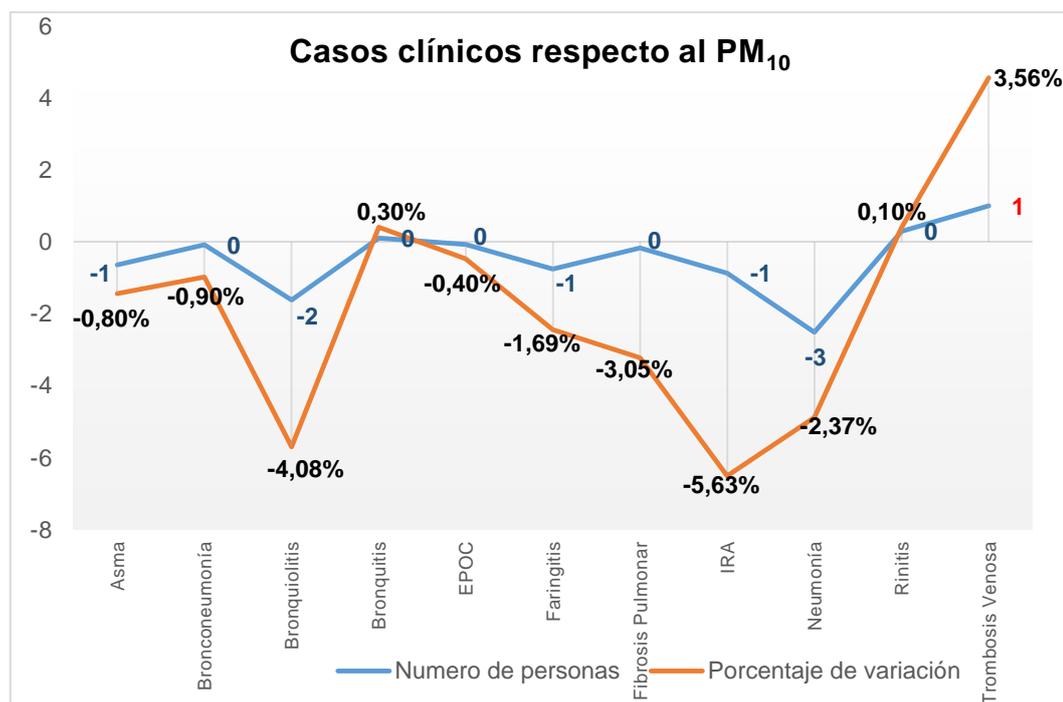


Figura 10. Porcentaje de variación y número de casos clínicos con respecto a la variación en una unidad del PM_{10} .

Fuente: Formulario de datos.

Realizado por: Los autores.

El SO_2 es un contaminante que al igual que el PM_{10} muestra una relación con la trombosis venosa (figura 11), generándose un incremento del 4,81% (1 caso clínico) por cada $\mu g/m^3$ que incremente en su concentración el SO_2 , teniendo gran relevancia ya que en algunos meses alcanza promedios de hasta $19,8 \mu g/m^3$, coincidiendo de esta manera con un estudio realizado en Castellón - España donde se establece que el SO_2 es un contaminante que agrava la trombosis venosa (Bellido, y col., 1991).

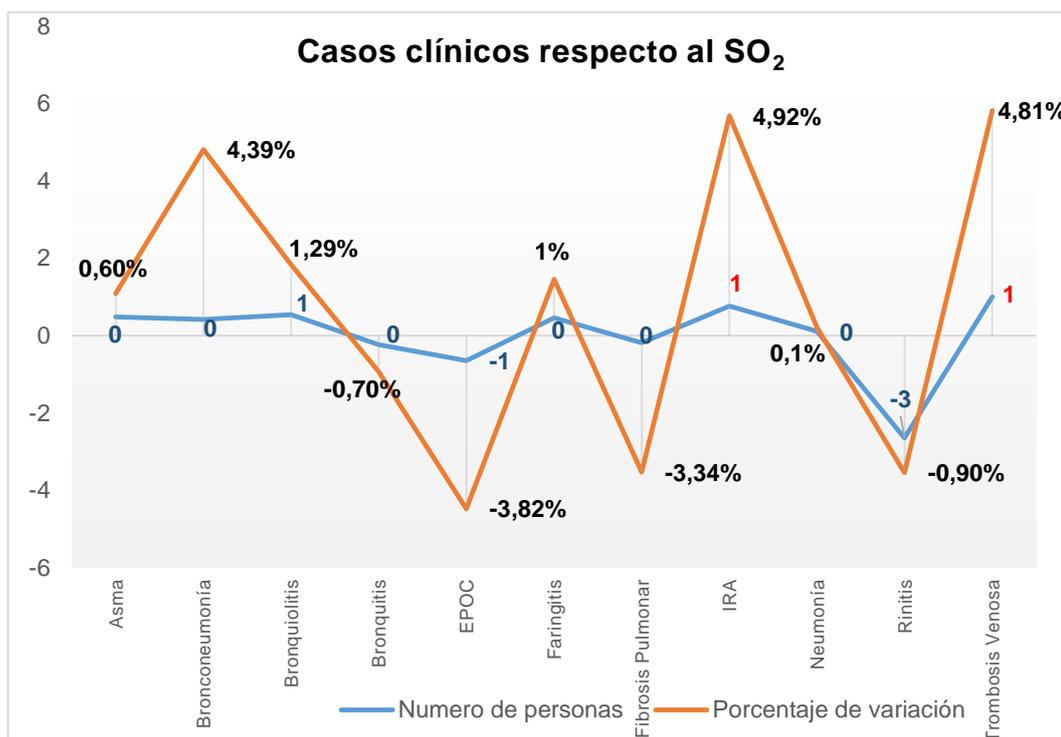


Figura 11. Porcentaje de variación y número de casos clínicos con respecto a la variación en una unidad del SO₂.

Fuente: Formulario de datos.

Realizado por: Los autores.

El número de pacientes que ingresaron a los dos hospitales de referencia por causa de las diferentes patologías estudiadas presentan relación con los contaminantes atmosféricos debido a la variación en su concentración que generalmente ocasiona el aumento en el número de casos clínicos. A su vez los factores meteorológicos pueden generar el aumento o disminución en la concentración de los contaminantes atmosféricos, por lo que fue de gran importancia analizar también la relación entre los factores meteorológicos y el número de casos clínicos debido a que estos se encuentran interrelacionados por medio de los contaminantes atmosféricos.

En base a los resultados y haciendo un análisis conjunto, se observa que para el caso del asma, bronquiolitis, IRA y bronconeumonía presentan relación con los contaminantes y ninguna relación con los factores meteorológicos. En el caso de la EPOC y la fibrosis pulmonar solo presentó relación con la



temperatura y la humedad, en cambio la bronquitis, faringitis, neumonía y rinitis presentaron relación con las dos variables, sin embargo en el caso de la bronquitis tiene una relación más fuerte con la temperatura (aumentan 13 casos por la disminución en 1°C) que con el benceno (aumentan 2 casos clínicos por cada $\mu\text{g}/\text{m}^3$ que aumente el benceno), el mismo comportamiento presenta la rinitis que tienen una relación más fuerte con la temperatura (aumentan 115 casos por la disminución en 1°C) , humedad (aumentan 37 casos por la disminución en 1%) y velocidad del viento (aumentan 13 casos por la disminución en 1 Km/h) que con el benceno (aumentan 11 casos por cada $\mu\text{g}/\text{m}^3$ que aumente el benceno), en el caso de la faringitis se da lo contrario ya que presenta una relación más fuerte con el benceno (aumentan 6 casos por cada $\mu\text{g}/\text{m}^3$ que aumente el benceno) que con la temperatura (aumentan 2 casos por la disminución en 1°C), finalmente la neumonía presenta el mismo comportamiento que la faringitis mostrando una relación más fuerte con el benceno (aumentan 12 casos por cada $\mu\text{g}/\text{m}^3$ que aumente el benceno) que con la temperatura (aumentan 6 casos por el aumento en 1°C) y la humedad (aumentan 3 casos por la disminución en 1%).

Con respecto a la trombosis venosa, la única enfermedad cardiovascular estudiada en esta investigación, presenta una relación parecida con el PM_{10} y el SO_2 aumentando el número de casos clínicos por trombosis venosa al incrementar la concentración de dichos contaminantes.



VI. CONCLUSIONES

- En los dos hospitales de estudio (Vicente Corral Moscoso y José Carrasco Arteaga) se registraron 12504 casos clínicos de ingresos a servicios de urgencias y de consulta externa por causa de enfermedades respiratorias y de una enfermedad cardiovascular.
- El factor meteorológico que mayor incidencia tuvo sobre el PM_{10} y SO_2 fue la temperatura, la misma que al incrementar su valor genera la disminución en la concentración del PM_{10} y el incremento del SO_2 .
- El Benceno es el contaminante atmosférico que al aumentar en una unidad su concentración influye sobre la mayoría de enfermedades, ocasionando un incremento en el número de casos clínicos en enfermedades tales como: asma (29 casos clínicos), bronconeumonía (1 caso clínico), bronquiolitis (8 casos clínicos%), bronquitis (2 casos clínicos), Faringitis (6 casos clínicos), Neumonía (12 casos clínicos) y rinitis (11 casos clínicos).
- El PM_{10} y SO_2 presentan una relación positiva con la enfermedad cardiovascular estudiada que es la trombosis venosa generando el incremento en un caso clínico por cada unidad que aumenten su concentración dichos contaminantes.



VII. RECOMENDACIONES

Al comprobarse que existe una relación entre la variación de la concentración de los contaminantes atmosféricos y el aumento en el número de casos clínicos por enfermedades respiratorias y la enfermedad cardiovascular se vuelve imperioso elaborar planes de prevención y control, mediante la implementación de programas de concientización en la población, así como técnicas de eficiencia en la emanación de contaminantes al aire, para de esta manera lograr una mejor calidad del aire en la ciudad. Se obtuvieron valores significativos en relación al benceno por lo que sería importante realizar más estudios en nuestro medio con nuevos datos que den soporte a esta investigación, por ejemplo plantear estudios epidemiológicos en las estaciones de servicio, ya que el benceno se caracteriza por su omnipresencia en los combustibles.



VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades. (1997). ATSDR. Reseña Toxicológica del Benceno. División de Toxicología Tox FAQs TM: Departamento de salud y servicios humanos de los EE.UU.. Servicio de Salud Pública.
- Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades. (2007). ATSDR. Resumen de Salud Pública Benceno CAS#: 71-43-2. Departamento de Salud y Servicios Humanos de EE.UU.. Servicio de Salud Pública.
- Aguilar, M., Alonso, R., Velasco, E., Catellanos, H., Romo, A., y Vargas, Á. (2010). Guía de Práctica Clínica. Diagnóstico y tratamiento de la enfermedad Tromboembólica Venosa. México. México: Centro Nacional de Excelencia Tecnológica en salud: Sociedad Mexicana de Angiología y Cirugía vascular.
- Alarcón Franco, B. C. (2012). Prevalencia del asma y su asociación con la contaminación del medio externo con niños de 2 a 5 años en los centros de desarrollo infantil municipales de la ciudad de Cuenca. 2012. Cuenca. Azuay. Ecuador.
- Alley, R., y Associates, I. (2001). Manual de la Calidad del Aire. Mexico. DF: McGraw Hill Interamericana Editores.
- Álvarez, F., Díaz, A., Medina, J., y Romero, A. (2010). Neumonías Adquiridas en la Comunidad. Unidad Médico-Quirúrgica de Enfermedades Respiratorias (UMQUER).. 67(10). 4573-4581.
- Aránguez, E., Ordóñez, J, M., Serrano, J., y Aragonés, N. (1999). Contaminante atmosféricos y su vigilancia. Revista Española de Salud Pública. 73. 123-132.
- Arbex, M., Cançado, J., Pereira, L., Braga, A., y Saldiva, P. (2004). Queima de biomassa e efeitos sobre a saúde. Jornal Brasileiro de Pneumologia.



- Arciniegas, A., Rodríguez, C., Pachón, J., y Sarmiento, H. (2006). Estudio de la morbilidad en niños menores a cinco años por enfermedad respiratoria aguda y su relación con la concentración de partículas en una zona industrial de la ciudad de Bogotá. Secretaría Distrital de Salud de Bogotá: Acta NOVA; Vol. 3. Nº 2.
- Arden Pope, C., y Kanner, R. (1993). Acute Effects of PM10 Pollution on Pulmonary Function of Smokers with Mild to Moderate Chronic Obstructive Pulmonary Disease. The American Thoracic Society. 147. 1336-1340.
- Arnedo, A., García, L. Carvajal . I.. Busquets. R.. Morales. M.. Miner. I.. . . . Gonzalez. C. (2009). Contaminación del aire y síntomas recientes de asma. rinitis alérgica y eccema atópico en escolares de 6 y 7 años. Elsevier España. S.L.. 45. 224 - 229.
- Arribas, F., Martos, M. C., Abad. J. M., Alcalá, T., y Navarro, M. (2001). Efectos de la contaminación atmosférica sobre la mortalidad diaria en la ciudad de Zaragoza España. 1991-1995. Zaragoza. España: Salud pública de México. Vol.43. no.4.
- Baeza, A., González, E., y Miñana, A. (2001). El Benceno en el aire de la Ciudad de Murcia. Murcia: Universidad de Murcia. Graf S.L.
- Ballester, F. (2005). Contaminación Atmosférica. Cambio Climático y Salud. Revista Española de Salud Pública. 79. ISSN 1135-5727.
- Ballester, F., Rodríguez, M., Iñíguez, C., Saez, M., Daponte, A., Galán, I., Toro. S. (2006). Air pollution and cardiovascular admissions association in Spain: results within the EMECAS project. Journal of Epidemiology and Community Health. 40. 328-336.
- Barraza Villar, J. (1994). Incidencia anual y mortalidad asociada a infecciones intrahospitalarias del tracto respiratorio inferior en un hospital comarcal. Revista Clinica Española. 40. 282-287.



- Bellido Blasco, J. B., Felis Daudí, C., Arnedo Pena, A., González Morán, F., Herrero Carot, C., y Safont Adsuara, L. (1991). Efectos a corto plazo de la contaminación atmosférica sobre la mortalidad: Resultados del proyecto EMECAM en Castellón. 1991-95. *Revista Española de Salud Pública*. 225-231.
- Bello, S., y Oyarzún, M. (1991). Efectos Adversos para la Salud de los Contaminantes Atmosféricos. *Revista chilena de enfermedades respiratorias*.
- Bell, M., y Devra, L., (2001). Reassessment of the Lethal London Fog of 1952: Novel Indicators of Acute and chronic consequences of acute exposure to air pollution. *Environ Health Perspect*.
- Berkowits, K., y La Sala, A. (1990). Risk factors associated with the increasing prevalence of pneumonia during pregnancy . 163. 981 - 985.
- Bisno, A. (2001). Faringitis Aguda. *The New England Journal of Medicine*. 344. 205-211.
- Buchdahl, R., Parker, A., Stebbings, T., y Babiker, A. (1996). Association between air pollution and acute childhood wheezy episodes: prospective observational study. *British Medical Journal*. 312 - 661.
- Castellanos Basulto, M., y Herrera Zulueta, G. (Abril de 2000). Morbimortalidad por Bronconeumonía en el Hogar del Adulto Mayor "Hermanas Giralt Andreu". *Revista Cubana de Enfermería*. 16. ISSN 1561-2961.
- Celli, B., y MacNee, W. (2004). Standards for the diagnosis and treatment of patients with COPD. A summary of the ATS/ERS Position Paper. *Eur Respir J*. 23. 932-946.
- Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (CEPIS), Organización Panamericana de la Salud (OPS), y Amaya, M. (2002). Control de la contaminación atmosférica en Bogotá Octubre 2000. Calidad del aire. perfiles de los países. experiencia de los países. Colombia.



- Committee of the Environmental and Occupational Health Assembly of the American Thoracic Society, (1996). Health Effects of Outdoor Air Pollution. Am J Respir Crit Care Med.
- D'Amato, G., y Cecchi, L. (2008). Effects of climate change on environmental factors in respiratory disease. En Clinical y Experimental Allergy (págs. 1264-1274).
- Damato, G., Cecchi, L., y D'Amato, M. (2010). Urban air pollution and climate change as environmental risk factors of respiratory allergy. J Investig Allergol Clin Immunol.
- De La Flor Bru, J. (2013). Infecciones de vías respiratorias altas: Resfriado Común. Faringitis Aguda y Recurrente. Sinusitis. Barcelona: Centro de Salud Vila Vella. ICS. Pediatr Integral; XVII(4): pp. 241-261.
- De Pablo, F., López, A., Rivas Soriano, L., Tomás, C., Diego, L., González, M., y Barrueco, M. (2006). Relationships of daily mortality and hospital admissions to air pollution in Castilla–León. Spain. Facultad de Medicina. Universidad de Salamanca. España. 19. 23–39.
- Dockery, D., y Pope, C. (1994). Acute respiratory effects of particulate air pollution. Annual Review of Public Health. 15. 107-132.
- Dykewicz, M., y Fineman, S. (1998). Executive Summary of Joint Task Force Practice Parameters on Diagnosis and Management of Rhinitis. Missouri: Ann Allergy Asthma Immunol.
- Echarri, L. (2007). Contaminación de la atmósfera . Población. ecología y ambiente. Universidad de Navarra.
- Echeverri, C., y Maya, G. (2008). Relación entre las partículas finas (PM2.5) y respirables (PM10) en la ciudad de Medellín. Revista Ingenierías Universidad de Medellín. 7(12). 23 - 42.
- Elsom, D. (1990). La contaminación atmosférica. Madrid: Catedra.
- EMOV EP, Empresa Pública Municipal de Movilidad. Tránsito y Transporte. (2012). Informe Calidad de Aire. Cuenca.



- EMOV EP, Empresa Pública Municipal de Movilidad. Tránsito y Transporte. (2013). Informe de la calidad del aire. año 2012. Cuenca.
- Fahey, D. (2002). Veinte Preguntas y Respuestas sobre la Capa de Ozono. Evaluación Científica del Agotamiento de Ozono.
- Fernández Espinosa, A. J. (2001). Especiación química y física de metales en la materia particulada atmosférica: Aplicación al estudio de la contaminación ambiental de la ciudad de Sevilla. Sevilla.
- Ferran Ballester, D. (1996). Meteorología y salud. La relación entre la temperatura ambiental y la salud. Revista Española de Salud Pública. 70(3). 251-259.
- Fustel, E., Martínez, T., Cambra, K., Lopez, L., Zorrilla, B., y Daponte, A. (2005). Evaluación en cinco ciudades Españolas del impacto en la salud de la contaminación atmosférica por partículas. Proyecto Europeo APHEIS. Rev Esp Salud Pública. 79. 297-308.
- Gavidia, T., Pronczuk, J., y Sly, P. (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. 99-108.
- Gil, L., y Adonis, M. (1998). Contaminación Atmosférica. Efectos en la Salud Humana. Revista Panamericana de Salud Pública. 4. ISSN 1020-4989(6).
- Gil, L., Cáceres, D., Quiñones, L., y Adonis, M. (1997). Contaminación del aire en espacios exteriores e interiores en la ciudad de Temuco. Laboratorio de Bioquímica y Toxicología Ambiental. Facultad de Medicina. Universidad de Chile.. 13(01). 70-78 .
- GINA. (2012). Global Strategy for Asthma Management and Prevention. Global Initiative for Asthma .
- Global Initiative for Chronic Obstructive Lung Disease "GOLD". (2001). Guía de bolsillo para el diagnóstico. el tratamiento y la prevención de la EPOC.



U.S. Department of Health and Human Services. Public Health Service. National Institute of health. National Heart. Lung. and Blood Institute. Publication N° 2701B.

González, M. (2008). Fibrosis Pulmonar Idiopática (IFP). Colombia: Fundación Neumonológica Colombiana.

Graedel, T., y Grutzen, P. (1989). Una atmósfera cambiante. Investigación y ciencia - Edición española de SCIENTIFIC AMERICAN.

Hechter, H., y Goldsmith, J. R. (1961). Air Pollution and Daily Mortality. American Journal of the Medical Sciences.

Hernández D. H. (2005). Infecciones Respiratorias Agudas. Sepsis.

Hunn, R. (1980). Meteorología de la contaminación atmosférica. Washington: Manual de Calidad del Aire en el Medio Urbano- Organización Panamericana de la Salud.

Jaramillo, M., González, D. E., Núñez, M. E., y Portilla, G. (2009). Índice integrado de calidad del aire para ciudades colombianas. Revista Facultad de Ingeniería Universidad de Antioquía(48). 97 - 106 .

Johansson, S., Bieber, T., Dahi, R., Friedmann, P., Lanier, B., y Lockey, R. (2004). Revised nomenclature for allergy for global use: Report of the Nomenclature Review Committee of the World Allergy Organization. Allergy Clin Immunol.

Katsouyanni, K., Schwartz. J., Spix, C., Touloumi, G., Zmirou, D., y Zanobetti, A. (1996). Short term Effects of air Pollution on Health: A European Approach using epidemiologic time series data: APHEA. Journal of Epidemiology and Community Health. 50. 12 - 18.

Kinney, P., y Ozkaynak, H. (1991). Associations of daily mortality and air pollution in Los Angeles County. Environ Res. 1. 54(2). 99-120.

Klaus, D., y Jáuregui, E. (1979). Analisis Espectral del Bioxido de Azufre en la Ciudad de Mexico y su relación con algunos parámetros Meteorológicos. 18:3. 266-270.



- Koutrakis, P., Sax, S., Samat, J., Coull, B., y Demokritou, P. (2005). Analysis of PM₁₀, PM_{2.5} and concentrations in Santiago de Chile from 1989 to 2001. *Journal of the Air y Waste Management Association*. 55. 342-351.
- Kunzil, N., Kaiser, J., Medina, S., Studnicka, M., Chanel, O., y Filliger, P. (2000). Public Health Impact of outdoor and traffic related air pollution. *The Lancet*. 356. 795–801.
- Lage, M., Díaz, J., Gestal, J., Pajares, M., y Alberdi, J. (1999). Influencia de los factores ambientales en el número de ingresos por urgencias en el complejo hospitalario "Juan Canalejo" de a Coruña. Elaboración de un modelo de predicción. *Revista Española de Salud Pública*. 73(1).
- Lane, B. (2005). *La Fibrosis Pulmonar Idiopática*. San Jose: Coalition for Pulmonary Fibrosis. CPF.
- Maldonado, D. (2012). Prevalencia del asma y su relación con la contaminación del medio externo con niños de 2 a 5 años en los centros de desarrollo infantil comunitarios. Cuenca 2012. (T. p. Cuenca. Ed.) Cuenca. Ecuador.
- Marcos, F, V. (Marzo de 2005). La Contaminación Ambiental como Factor Determinante de la Salud. *Revista Española de Salud Pública*. 79(version ISSN 1135-5727).
- Martínez, E., y Díaz, Y. (2004). *Contaminación atmosférica*. Universidad de Castilla-La Mancha.
- Matus, P., y Lucero, R. (2002). Normas Primarias de Calidad del Aire. *Revista chilena de enfermedades respiratorias*. 18. ISSN 0717-7348.
- Mauderly, J. (1996). Currents concepts on airborne particles and health. *Riesgos Ambientales para la salud en la ciudad de Mexico*. Programa Universitario del Medio Ambiente. UNAM. 46 - 56.
- McMichael, A., Campbell - Lendrum. D., Corvalán. C., Ebi. K., Githeko. A., Scheraga. J., y Woodward. A. (2003). *Climate change and human health - risks and responses*. . World Health Organization WHO.



- Morales De León, J., Acosta O., D., Anaya Lorduy, F., De la Cruz Pinzón, C., Escamilla Arrieta, J. M., Jaramillo P., C, Pinzón, H. (1997). Guías de Práctica Clínica Basadas en la Evidencia. Infección Respiratoria Aguda.
- Morales, R. (2006). Contaminación atmosférica urbana. Episodios críticos de contaminación ambiental en la ciudad de Santiago. Santiago de Chile: Editorial Universitaria SA.
- Muñoz, F., y Carvalho, M. (2009). Efecto del tiempo de exposición a PM10 en las urgencias por bronquitis aguda. Cad. Saúde Pública. Rio de Janeiro. 25(3). 529-539.
- Muñoz, M., Paz, J., y Quiroz, M. (2007). Efectos de la contaminación atmosférica sobre la salud de adultos que laboran en diferentes niveles de exposición. Revista Facultad Nacional de Salud Pública. 25(2).
- Nauffal, D., Ballester, M., y López, R. (2011). Contaminación atmosférica y enfermedad tromboembólica venosa: ¿existe relación? Medicina respiratoria. 4(2). 39 - 46.
- OMS. (1992). Acute effects on health of smog episodes. Copenhagen: WHO Regional Publications European Series.
- OMS. (2012). Enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC). Organización Mundial de la Salud. Nota descriptiva N°315.
- OMS. (2014). Organización Mundial de la Salud. 7 Millones de muertes cada año debidas a la contaminación atmosférica. Ginebra.
- Onatra, W., Vargas, S., Páez, E., Rojas, D., y López, A. (2009). Correlación entre la enfermedad respiratoria aguda (era) en mujeres embarazadas y la calidad del aire. Revista U.D.C.A Actualidad y Divulgación Científica. 12(2). 27 - 37.
- O'Neill, M., Loomis, D., y Borja, V. (2004). Ozone. area social conditions. and mortality in Mexico City. Pub Med . 234–242.



- Onursal, B., y Gautam, S. (1997). Contaminación atmosférica por vehículos automotores. experiencias recogidas en siete centros urbanos de América Latina. Caribe.
- Oyarzún, G, M. (2010). Contaminación aérea y sus efectos en la salud. Rev Chil Enf Respir. 26. 16-25.
- Pedinoff, A. (1996). Approaches to the treatment of seasonal allergic rhinitis. South Med J.
- Pérez Rodríguez, M., Otheo, E., y Ros Pérez, O. (2010). Bronquiolitis en pediatría: Puesta al día. Sistema Nacional de Salud.. 34(1).
- Polak, J. (2004). Peripheral Vascular Sonography. Philadelphia: Lippincott Williams y Wilkins.
- Reyma, M. (2006). Estudio basado en la regresión de Poisson. para conocer el grado de asociación que presentan las principales enfermedades respiratorias con los cotaminantes del aire que rebasan los estandares en Mexicali e Imperial. Mexico: Universidad Autónoma de Baja California. México. Campus Mexicali.
- Reyna, M., Quintero, M., Collins, K., y Vildósola, L. (2003). Análisis de la relación del PM10 con las enfermedades respiratorias en la población urbana de Mexicali. Baja California: Un estudio de series de tiempo. Revista Mexicana de Ingeniería Biomédica. 24(2). 116 - 125.
- Ritz, B., Wilhelm, M., y Zhao, Y. (2006). Air pollution and infant death in southern California. 1989–2000. American Academy of Pediatrics. 493–502.
- Rodríguez, C., y Solé, J. (2005). Neumonía Adquirida en la comunidad. Barcelona: Tratado de Medicina Internacional. Tomo I.
- Rodríguez, J., y Niederman, M. (1992). Pneumonia complicating pregnancy . Clin. Chest. Med. . 4. 679 - 691.
- Rodríguez, R. (2004). Insuficiencia Respiratoria. Madrid: Harcourt S.A. Velázquez.



- Sánchez Peña, D. F., y Chaves Saavedra, I. T. (2009). Asociación entre la morbilidad por enfermedad respiratoria y contaminantes atmosféricos (PM10, NO₂ Y O₃) en la localidad de Kennedy de la Ciudad de Bogotá D.C. Bogotá.
- Sartor, F., Snacken, R., Demuth, C., y Walckiers, D. (1995). Temperature, ambient ozone levels, and mortality during summer. *Environ Res.* 70(2). 105 - 113.
- Saurina, C., Barceló, M, A., Sáez, M., y Tobias, A. (1999). Efectos a corto plazo de la contaminación atmosférica sobre la mortalidad. Resultados del proyecto EMECAM en la ciudad de Barcelona. 1991-95. *Revista Española de Salud Pública.* 73(2). 199 - 207.
- Schatz, M. (1999). Asthma and pregnancy. *Lancet.* 353. 1202 - 1224.
- Ségal, C. (1999). Health Effects of Urban Outdoor Air Pollution in Children. En *Pediatric Pulmonology* (págs. 6-8). *Current Epidemiological Data.* *Pediatr Pulmonol.*
- Siguencia Astudillo, H. F. (2014). Prevalencia del asma y su relación con la contaminación del medio externo con niños de 2 a 5 años en los centros de desarrollo infantil privados. Cuenca. Azuay. Ecuador.
- Snipes, M. (1989). Long Term Retention and Clearance of Particles Inhaled by Mammalian Species. *Crit Rev Toxicol.* 20. 175-211.
- Sunyer, J., Castellsague, J., Sáez, M., Tobías, A., y Antó, J. (1996). Air pollution and mortality in Barcelona. *Jornal of Epidemiology and Community Health.* 50. 76–80.
- Terreros, M. A. (2013). Determinación de Prevalencia de Alteraciones Dentomaxilofaciales Asociadas a Rinitis Alérgica en Niños de 6 a 12 años en Bastión Popular. Guayaquil.
- Toledo, Y. (2012). Prevalencia del asma y su asociación con la contaminación intradomiciliaria en los niños de 2 a 5 años de los centros de desarrollo



infantil. Cuenca. Ecuador: Tesis previa a la obtención del título de Especialista en Pediatría. Universidad de Cuenca.

Tortajada, y Ferrís. (2001). Enfermedades asociadas a la polución atmosférica por combustibles fósiles. Aspectos pediátricos. *Rev Esp Pediatr.* 57(3). 213-225.

Touloumi, G., Samoli, E., y Katsouyanni, K. (1996). Daily mortality and winter type air pollution in Athens. Greece a time series analysis within the APHEA project. . *J Epidemiol Community Health* .

Vallejo, M., Jaureghi, K., Hermosillo, A., Márquez, M., y Cárdenas, M. (2003). Efectos de la contaminación Atmosférica en la salud y su importancia en la ciudad de México. *Gaceta Médica de México.* 139(1).

Zhang, Y., Huang, W., London, S., Song, G., Chen, G., Jiang, L., Kan, H. (2006). Ozone and daily mortality in Shanghai. China. *Environmental Health Perspectives.* 114. 1227–1232.



IX. ANEXOS.

Anexo 1. Formulario de recolección de datos de los casos clínicos.

FORMULARIO DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Fecha de Ingreso:

Ocupación:

Edad:

Domicilio:

Diagnostico principal:

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

Antecedentes patológicos familiares:

EPOC:

Asma:

Fibrosis pulmonar:

IRAS:

Rinitis:

Bronquitis:

Trombosis Venosa:

Antecedentes patológicos personales:

Obesidad:

Estilo de vida:

Tabaquismo:



Anexo 2. Promedios mensuales de los factores meteorológicos de los años 2010, 2011 y 2012.

Datos de los factores meteorológicos												
MES	2010				2011				2012			
	Temperatura (°C)	Humedad (%)	Velocidad del viento (km/h)	Precipitación (mm mes)	Temperatura (°C)	Humedad (%)	Velocidad del viento (km/h)	Precipitación (mm mes)	Temperatura (°C)	Humedad (%)	Velocidad del viento (km/h)	Precipitación (mm mes)
Enero	16,3	62,3	24,7	52,2	16,1	61,2	17,2	37	17	67,3	14,5	143,1
Febrero	17,5	61,8	13,7	121,4	15,6	63,5	20,3	53,8	15,3	64,3	17	163,5
Marzo	16,3	63,4	23,2	77,8	15,2	59,7	13,6	47,5	15,8	63,5	19,2	118,1
Abril	17	63,6	13,9	123,3	15,4	66	22,1	106,8	16,6	56,6	17	104,2
Mayo	16,7	64,2	13,3	89,7	15,3	64,1	18,9	59,2	16,6	62,5	15,7	19,7
Junio	14,6	66,8	2,6	73,5	15,4	64	19,9	39,5	16,9	57,8	24,8	17,8
Julio	15,7	65,1	11,5	67,5	14,4	66,5	18,5	46,8	14,7	59,2	24	6,9
Agosto	14	60,1	17,5	16,9	15,6	62,1	17	32	13,6	51,5	16,9	1,8
Septiembre	15,2	60,3	25,2	24,1	14,1	66,2	18,1	70,2	15,6	55,4	15,7	18,4
Octubre	15,8	56,8	15,8	13,2	15,4	56,4	16,4	35,7	15,7	57,6	15,4	82,3
Noviembre	14,6	67,3	24,7	48,5	16,7	61,5	18	143,3	16,4	55,8	12,5	59,8
Diciembre	15,9	65,7	25,4	92,4	15,8	63,7	20,4	88,6	16,6	59,4	10,7	44,9

Fuente: Centro de Estudios Ambientales.

Realizado por: Los autores.

**Anexo 3.** Promedios mensuales de la concentración de los contaminantes de los años 2010, 2011 y 2012.

MES	Concentración de los Contaminantes														
	2010					2011					2012				
	Benceno ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	NO ₂ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	O ₃ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	PM ₁₀ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	SO ₂ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Benceno ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	NO ₂ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	O ₃ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	PM ₁₀ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	SO ₂ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Benceno ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	NO ₂ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	O ₃ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	PM ₁₀ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	SO ₂ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Enero	0	21,46	36,48	42,81	12,86	2,3	21,48	23,27	33,78	7,97	4,4	17,6	42,9	30,33	2,4
Febrero	3,99	17,6	35,24	35,46	15,92	2,22	21,46	17,97	29,36	7,28	2,44	12,8	31,2	34,96	3,4
Marzo	5,8	18,13	21,24	43,91	9,62	0,59	16,21	21,98	25,8	9,97	3,36	10,9	16,7	35,77	5,4
Abril	2,05	19,29	19,9	37,45	19,85	1,8	14,7	23,42	26,36	3,29	2,42	15,3	20	32,51	4,7
Mayo	2,75	17,41	25,81	47,47	5,66	3,04	14,11	23,73	35,57	5,74	2,42	12,4	15,4	40,88	13,8
Junio	1,5	16,61	26,23	53,81	13,94	2,92	12,23	22,53	33,83	9,33	3,28	13,3	28,8	39,68	7,4
Julio	2,83	21,55	28,82	41,58	6,93	1,87	9,63	17,58	25,76	3,49	2,44	12,5	36,3	34,72	5,1
Agosto	2,24	19,22	27,52	70,64	3,08	2,81	10,41	32,66	32,44	5,25	2,12	20,3	37,3	44,48	3,5
Septiembre	3,76	26,43	41,22	63,21	4,01	6,9	17,51	30,17	50,93	11,5	4,1	19,1	39,2	42,61	6,7
Octubre	1,73	14,44	26,65	41,05	3,7	1,45	17,47	40,22	37,59	8,73	3,6	17	43,6	37,2	1,5
Noviembre	2,95	19,53	34,67	42,62	8,13	3,98	18,11	37,19	40,34	13,59	4,4	11,8	53,1	28,3	6,2
Diciembre	4,02	17,52	30,29	35,02	2,09	4,27	16,16	37,77	34,41	4,69	2,54	12,3	30,2	33,55	12

Fuente: EMOV EP.

Realizado por: Los autores.



Anexo 4. Casos clínicos por enfermedades respiratorias y enfermedad cardiovascular registrados en los hospitales Vicente Corral Moscoso y José Carrasco Arteaga de los años 2010.

	Asma	Bronconeumonía	Bronquiolitis	Bronquitis	Enfermedad Pulmonar Obstructiva Crónica	Faringitis	Fibrosis Pulmonar	Infección Respiratoria Aguda	Neumonía	Rinitis	Trombosis Venosa
Enero	54	31	5	29	9	12	2	33	10	131	2
Febrero	66	31	5	23	7	15	1	52	9	107	0
Marzo	67	31	2	42	11	16	0	43	26	128	0
Abril	54	12	1	21	8	10	1	20	14	141	1
Mayo	53	13	0	21	18	12	0	28	4	109	1
Junio	60	6	1	35	9	12	2	3	9	107	0
Julio	60	15	0	29	13	13	0	7	10	157	0
Agosto	53	8	0	37	9	3	0	3	6	176	2
Septiembre	43	9	0	37	8	21	2	3	3	105	0
Octubre	33	4	0	21	4	4	1	5	3	162	1
Noviembre	38	7	2	29	4	11	3	4	11	115	2
Diciembre	19	11	1	15	10	8	3	20	12	32	0
TOTAL	600	178	17	339	110	137	15	221	117	1470	9

Fuente: Formulario de datos.

Realizado por: Los autores.



Anexo 5. Casos clínicos por enfermedades respiratorias y enfermedad cardiovascular registrados en los hospitales Vicente Corral Moscoso y José Carrasco Arteaga de los años 2011.

	Asma	Bronconeumonía	Bronquiolitis	Bronquitis	Enfermedad Pulmonar Obstructiva Crónica	Faringitis	Fibrosis Pulmonar	Infección Respiratoria Aguda	Neumonía	Rinitis	Trombosis Venosa
Enero	71	15	3	33	10	35	3	26	31	177	2
Febrero	62	11	5	45	8	14	1	28	24	175	0
Marzo	63	7	2	40	7	23	3	37	12	140	1
Abril	64	8	9	45	10	35	2	26	21	134	0
Mayo	83	16	0	58	6	57	3	10	20	247	1
Junio	72	20	11	36	7	86	0	4	26	273	1
Julio	63	4	0	27	16	15	6	4	18	176	1
Agosto	65	6	1	36	8	44	1	8	14	245	3
Septiembre	61	17	6	62	4	44	0	3	17	253	4
Octubre	45	13	0	42	5	48	4	8	35	90	0
Noviembre	44	9	0	29	1	26	2	3	17	128	2
Diciembre	58	5	4	27	12	25	1	7	12	166	0
TOTAL	751	131	41	480	94	452	26	164	247	2204	15

Fuente: Formulario de datos.

Realizado por: Los autores.



Anexo 6. Casos clínicos por enfermedades respiratorias y enfermedad cardiovasculares registrados en los hospitales Vicente Corral Moscoso y José Carrasco Arteaga de los años 2012.

	Asma	Bronconeumonía	Bronquiolitis	Bronquitis	Enfermedad Pulmonar Obstructiva Crónica	Faringitis	Fibrosis Pulmonar	Infección Respiratoria Aguda	Neumonía	Rinitis	Trombosis Venosa
Enero	73	21	8	30	24	15	5	16	30	184	0
Febrero	49	22	10	33	11	14	1	26	31	206	1
Marzo	66	26	10	45	21	26	0	6	65	185	1
Abril	51	12	8	31	15	14	2	6	41	232	1
Mayo	48	17	10	29	10	15	3	7	29	191	3
Junio	50	9	7	29	17	19	4	3	42	197	1
Julio	59	4	2	27	12	16	5	3	23	211	3
Agosto	38	7	3	25	24	14	5	4	22	254	2
Septiembre	42	7	0	35	33	36	3	3	29	167	1
Octubre	52	3	2	26	13	34	4	2	15	211	2
Noviembre	50	11	2	17	15	26	4	7	27	251	1
Diciembre	50	14	2	20	24	15	3	3	38	206	3
TOTAL	628	153	64	347	219	244	39	86	392	2495	19

Fuente: Formulario de datos.

Realizado por: Los autores.



Anexo 7. Total del número de Casos Clínicos subdivididos por género, correspondiente a los hospitales Vicente Corral Moscoso y José Carrasco Arteaga del año 2010.

Género	Asma		Bronconeumonía		Bronquiolitis		Bronquitis		Enfermedad Pulmonar Obstructiva Crónica		Faringitis		Fibrosis Pulmonar		Infección Respiratoria Aguda		Neumonía		Rinitis		Trombosis Venosa		TOTAL	
	H	M	H	M	H	M	H	M	H	M	H	M	H	M	H	M	H	M	H	M	H	M	H	M
Enero	28	26	11	20	2	4	14	14	7	2	4	8	1	1	16	17	5	5	57	74	1	1	146	172
Febrero	27	39	16	15	3	2	9	14	5	2	6	9	1	0	24	28	3	6	62	45	0	0	156	160
Marzo	29	38	20	11	3	0	18	23	4	7	8	8	0	0	21	22	13	13	48	80	0	0	164	202
Abril	25	29	8	4	1	1	8	12	6	2	4	6	1	0	13	7	6	8	61	80	1	0	134	149
Mayo	30	23	3	10	0	0	7	14	9	9	7	5	0	0	15	13	4	0	47	62	0	1	122	137
Junio	32	28	4	2	0	0	9	27	3	6	3	9	0	2	6	1	2	8	47	60	0	0	106	143
Julio	31	29	8	7	0	0	11	18	4	9	2	11	0	0	1	2	6	3	88	69	0	0	151	148
Agosto	28	25	3	5	0	0	20	17	2	7	1	2	0	0	1	2	4	2	85	91	0	2	144	153
Septiembre	21	22	6	3	2	0	13	22	8	0	8	13	2	0	3	0	3	0	53	52	0	0	119	112
Octubre	17	16	2	2	0	0	11	10	3	1	1	3	0	1	2	3	3	0	79	83	0	1	118	120
Noviembre	13	25	5	2	2	0	10	19	2	2	2	9	3	0	3	1	4	7	54	61	2	0	100	126
Diciembre	10	9	9	2	2	0	5	9	8	2	2	6	2	1	7	13	10	2	16	16	0	0	71	60
TOTAL	291	309	95	83	15	7	135	199	61	49	48	89	10	5	112	109	63	54	697	773	4	5	1531	1682
	600		178		22		334		110		137		15		221		117		1470		9		3213	

Fuente: Formulario de datos.

Realizado por: Los autores.



Anexo 8. Total del número de Casos Clínicos subdivididos por género, correspondiente a los hospitales Vicente Corral Moscoso y José Carrasco Arteaga del año 2011.

Género	Asma		Bronconeumonía		Bronquiolitis		Bronquitis		Enfermedad Pulmonar Obstructiva Crónica		Faringitis		Fibrosis Pulmonar		Infección Respiratoria Aguda		Neumonía		Rinitis		Trombosis Venosa		TOTAL	
	H	M	H	M	H	M	H	M	H	M	H	M	H	M	H	M	H	M	H	M	H	M	H	M
Enero	33	38	6	9	1	2	15	18	6	4	17	18	2	1	14	12	13	18	94	83	0	2	201	205
Febrero	32	30	7	4	5	0	21	24	3	5	8	6	1	0	13	15	11	13	88	87	0	0	189	184
Marzo	25	38	2	5	0	2	22	18	4	3	8	15	3	0	11	26	6	6	57	83	0	1	138	197
Abril	26	38	3	5	5	4	19	26	7	3	15	20	1	1	13	13	9	12	60	74	0	0	158	196
Mayo	41	42	13	2	0	0	21	37	2	4	18	39	0	3	5	5	14	7	121	126	1	0	236	265
Junio	34	38	10	10	4	7	13	23	5	2	30	56	0	0	4	0	16	10	128	145	1	0	245	291
Julio	26	37	2	2	1	0	12	14	10	6	6	9	2	4	4	0	7	11	90	86	0	1	160	170
Agosto	32	34	3	3	1	0	12	24	3	5	15	29	1	0	6	2	11	2	129	116	0	3	213	218
Septiembre	23	38	8	9	4	2	26	36	3	1	19	25	0	0	3	0	9	8	123	130	2	2	220	251
Octubre	24	21	6	7	0	0	15	27	2	3	28	20	4	0	5	3	15	20	45	45	0	0	144	146
Noviembre	20	23	3	6	0	0	10	18	1	0	11	16	2	0	1	2	15	3	56	72	1	1	120	141
Diciembre	19	39	2	3	2	2	16	11	8	1	10	15	1	0	2	4	8	8	77	89	0	0	145	172
TOTAL	335	416	65	65	23	19	202	276	54	37	185	268	17	9	81	82	134	118	1068	1136	5	10	2169	2436
	751		130		42		478		91		453		26		163		252		2204		15		4605	

Fuente: Formulario de datos.

Realizado por: Los autores.



Anexo 9. Total del número de Casos Clínicos subdivididos por género, correspondiente a los hospitales Vicente Corral Moscoso y José Carrasco Arteaga del año 2012.

Género	Asma		Bronconeumonía		Bronquiolitis		Bronquitis		Enfermedad Pulmonar Obstructiva Crónica		Faringitis		Fibrosis Pulmonar		Infección Respiratoria Aguda		Neumonía		Rinitis		Trombosis Venosa		TOTAL	
	H	M	H	M	H	M	H	M	H	M	H	M	H	M	H	M	H	M	H	M	H	M	H	M
Enero	33	40	13	8	3	5	15	15	13	11	7	8	3	2	6	12	17	11	88	96	0	0	198	208
Febrero	20	29	10	12	5	5	10	23	6	5	3	11	1	0	18	8	15	16	108	98	0	1	196	208
Marzo	27	39	12	14	4	6	13	32	10	11	14	12	0	0	3	3	35	30	91	94	0	1	209	242
Abril	19	32	6	6	5	3	12	19	11	4	5	9	2	0	5	1	22	19	124	108	0	1	211	202
Mayo	16	32	13	4	3	7	14	15	8	2	6	9	2	1	2	5	13	16	122	69	2	1	201	161
Junio	20	30	6	3	4	3	14	15	5	12	7	12	2	2	3	0	20	22	93	104	0	1	174	204
Julio	22	37	0	4	1	1	13	14	9	3	8	8	4	2	2	1	6	17	98	113	0	2	163	202
Agosto	16	22	10	9	3	1	11	14	16	8	6	8	4	1	1	3	4	5	128	126	1	1	200	198
Septiembre	14	28	4	3	0	0	20	15	14	19	14	22	2	2	3	0	14	15	76	91	0	0	161	195
Octubre	18	34	2	1	1	1	14	12	2	11	8	26	2	2	2	0	10	5	114	97	1	1	174	190
Noviembre	17	33	8	3	0	0	12	7	8	7	6	20	4	0	3	4	16	11	123	128	1	0	198	213
Diciembre	18	32	11	3	1	1	15	5	17	7	5	10	2	1	3	0	19	19	105	101	1	2	197	181
TOTAL	240	388	95	70	30	33	163	186	119	100	89	155	28	13	51	37	191	186	1270	1225	6	11	2282	2404
	628		165		63		349		219		244		41		88		377		2495		17		4686	

Fuente: Formulario de datos.

Realizado por: Los autores.



Anexo 10. Total del número de Casos Clínicos subdivididos por edades, correspondiente a los hospitales Vicente Corral Moscoso y José Carrasco Arteaga de los años 2010, 2011 y 2012.

Edad	Asma				Bronconeumonía				Bronquiolitis				Bronquitis				Enfermedad Pulmonar Obstructiva Crónica				Faringitis			
	1 -13	14 - 25	26 - 65	+65	1 - 13	14 - 25	26 - 65	+65	1 - 13	14 - 25	26 - 65	+65	1 - 13	14 - 25	26 - 65	+65	1 -13	14 - 25	26 - 65	+65	1 -13	14 - 25	26 - 65	+65
Año 2010	328	78	150	44	124	12	25	17	13	2	2	0	111	31	85	112	11	3	16	80	48	20	57	12
Año 2011	423	88	198	42	115	3	8	8	34	1	4	4	128	37	165	146	6	2	12	74	146	65	192	49
Año 2012	272	93	210	54	141	2	10	12	58	0	3	4	42	31	130	144	0	0	33	186	66	41	114	23
TOTAL	1023	259	558	140	380	17	43	37	105	3	9	8	281	99	380	402	17	5	61	340	260	126	363	84

Edad	Fibrosis Pulmonar				Infección Respiratoria Aguda				Neumonía				Trombosis Venosa				Rinitis				TOTAL			
	1 - 13	14 - 25	26 - 65	+65	1 - 13	14 - 25	26 - 65	+65	1 - 13	14 - 25	26 - 65	+65	1 - 13	14 - 25	26 - 65	+65	1-13	14- 25	26- 65	+65	1 -13	14 - 25	26 - 65	+65
Año 2010	0	1	7	7	195	7	8	11	79	3	8	27	0	2	3	4	826	233	350	61	1735	392	711	375
Año 2011	6	0	11	8	118	4	10	7	161	18	35	58	0	0	9	6	1213	373	551	67	2350	591	1195	469
Año 2012	0	2	20	17	59	0	5	22	221	13	60	85	0	0	10	8	1329	478	635	53	2188	660	1230	608
TOTAL	6	3	38	32	372	11	23	40	461	34	103	170	0	2	22	18	3368	1084	1536	181	6273	1643	3136	1452

Fuente: Formulario de datos.

Realizado por: Los autores.



Anexo 11. Valores de la pendiente obtenidos de la correlación entre los casos clínicos y los contaminantes en el programa SPSS para el año 2010.

	Asma	Bronconeumonía	Bronquiolitis	Bronquitis	Enfermedad Pulmonar Obstructiva Crónica	Faringitis	Fibrosis Pulmonar	Infección Respiratoria Aguda	Neumonía	Rinitis	Trombosis Venosa
(Intercepción)	2,848	1,297	-1,166	1,846	2,606	-,118	-,449	3,489	2,382	4,879	1,331
Benceno (µg/m3)	,053	,140	-,035	,066	-,006	,149	-,098	,216	,187	-,078	-,604
NO2 (µg/m3)	,003	,049	-,018	,014	,062	,077	-,060	-,019	,046	,022	,023
O3 (µg/m3)	-,004	,017	,101	-,003	-,041	,014	,108	,014	-,037	-,023	-,023
PM10 (µg/m3)	,013	-,021	-,055	,020	-,004	-,003	-,024	-,043	-,017	,008	,010
SO2 (µg/m3)	,041	,050	,113	,020	-,023	,037	-,018	,057	,027	,001	-,055

Fuente: Formulario de datos.

Realizado por: Los autores.

Anexo 12. Valores de la pendiente obtenidos de la correlación entre los casos clínicos y los contaminantes en el programa SPSS para el año 2011.

	Asma	Bronconeumonía	Bronquiolitis	Bronquitis	Enfermedad Pulmonar Obstructiva Crónica	Faringitis	Fibrosis Pulmonar	Infección Respiratoria Aguda	Neumonía	Rinitis	Trombosis Venosa
(Intercepción)	4,385	,396	6,161	2,701	3,768	2,702	1,205	3,668	1,437	5,721	-,368
BENCENO (µg/m3)	-,021	-,342	1,101	-,134	,086	-,302	-,655	-,227	-,328	,083	,063
NO2 (µg/m3)	-,006	-,007	,017	,003	,010	-,089	-,030	,132	,024	-,038	-,120
O3 (µg/m3)	-,019	-,052	-,063	-,025	-,009	-,022	-,018	-,001	-,020	-,025	-,022
PM10 (µg/m3)	,018	,131	-,233	,068	-,034	,111	,088	-,079	,091	,016	,056
SO2 (µg/m3)	-,026	-,001	,130	-,043	-,108	-,004	-,104	-,020	-,055	-,006	,109

Fuente: Formulario de datos.

Realizado por: Los autores.



Anexo 13. Valores de la pendiente obtenidos de la correlación entre los casos clínicos y los contaminantes en el programa SPSS para el año 2012.

	Asma	Bronconeumonía	Bronquiolitis	Bronquitis	Enfermedad Pulmonar Obstructiva Crónica	Faringitis	Fibrosis Pulmonar	Infección Respiratoria Aguda	Neumonía	Rinitis	Trombosis Venosa
(Intercepción)	4,830	5,043	4,690	3,225	1,137	,408	-,543	6,430	4,619	5,759	-,231
BENCENO (µg/m3)	,102	,264	,084	,173	,192	,390	-,238	-,154	,227	-,124	-,615
NO2 (µg/m3)	-,007	-,015	-,020	-,009	,087	-,059	,080	-,037	-,028	,002	-,097
O3 (µg/m3)	-,009	-,038	-,053	-,023	-,006	,005	,042	-,010	-,030	,007	,041
PM10 (µg/m3)	-,019	-,053	-,029	,020	-,004	,061	-,016	-,071	-,011	-,008	,058
SO2 (µg/m3)	-,018	-,004	-,053	-,046	,037	-,031	,066	-,112	-,013	-,002	,070

Fuente: Formulario de datos.

Realizado por: Los autores.

Anexo 14. Valores de la pendiente obtenidos de la correlación entre los casos clínicos y los factores meteorológicos en el programa SPSS para el año 2010.

	Asma	Bronconeumonía	Bronquiolitis	Bronquitis	Enfermedad Pulmonar Obstructiva Crónica	Faringitis	Fibrosis Pulmonar	Infección Respiratoria Aguda	Neumonía	Rinitis	Trombosis Venosa
(Intercepción)	2,919	-13,593	-34,900	5,124	-7,345	-7,643	-2,032	-30,617	-1,562	5,935	-4,730
Temperatura (°C)	,074	,727	1,341	-,111	,302	,319	-,267	1,480	-,058	,057	,066
Humedad (%)	,002	,072	,206	,001	,087	,084	,081	,145	,054	-,022	,062
Velocidad (km/h)	-,019	,032	,075	,000	-,016	,006	,054	,063	,034	-,020	,027
Precipitación (mm mes)	,000	-,007	-,011	-,001	-,007	-,006	,005	-,010	,010	-,005	-,017

Fuente: Formulario de datos.

Realizado por: Los autores.



Anexo 15. Valores de la pendiente obtenidos de la correlación entre los casos clínicos y los factores meteorológicos en el programa SPSS para el año 2011.

	Asma	Bronconeumonía	Bronquiolitis	Bronquitis	Enfermedad Pulmonar Obstructiva Crónica	Faringitis	Fibrosis Pulmonar	Infección Respiratoria Aguda	Neumonía	Rinitis	Trombosis Venosa
(Intercepción)	-1,462	4,683	-5,298	5,124	-5,607	5,386	7,893	-2,220	7,577	-5,431	-67,406
Temperatura (°C)	,140	-,080	-,189	-,111	,099	-,049	-,225	,342	-,040	,225	1,729
Humedad (%)	,064	-,034	,035	,001	,093	-,039	-,036	,018	-,096	,135	,908
Velocidad (km/h)	-,018	,073	,417	,000	,046	,100	-,076	-,068	,128	-,052	-,894
Precipitación (mm mes)	-,004	-,004	-,011	-,001	-,010	-,007	4,934E-05	-,005	-,005	-,006	-,004

Fuente: Formulario de datos.

Realizado por: Los autores.

Anexo 16. Valores de la pendiente obtenidos de la correlación entre los casos clínicos y los factores meteorológicos en el programa SPSS para el año 2012.

	Asma	Bronconeumonía	Bronquiolitis	Bronquitis	Enfermedad Pulmonar Obstructiva Crónica	Faringitis	Fibrosis Pulmonar	Infección Respiratoria Aguda	Neumonía	Rinitis	Trombosis Venosa
(Intercepción)	1,818	-2,329	-6,929	2,577	4,289	4,410	1,452	1,268	,471	6,932	,374
Temperatura (°C)	,031	,040	,202	-,035	-,020	,049	,003	-,234	,144	-,017	-,200
Humedad (%)	,024	,071	,063	,013	-,009	-,036	,003	,072	,000	-,023	,079
Velocidad (km/h)	,010	-,015	,073	,028	-,030	-,006	-,011	-,039	,032	-,003	-,048
Precipitación (mm mes)	,001	,003	,004	,002	-,001	,001	-,005	,008	,002	,001	-,011

Fuente: Formulario de datos.

Realizado por: Los autores.



Anexo 17. Coeficientes de correlación de Pearson entre los factores meteorológicos y los contaminantes.

	Temperatura (°C)			Humedad Relativa (%)			Velocidad del viento (km/h)			Precipitación (mm/mes)		
	2010	2011	2012	2010	2011	2012	2010	2011	2012	2010	2011	2012
Benceno ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	0,181	-0,189	0,422	0,119	0,441	0,145	0,294	0,263	-0,244	0,261	0,358	0,217
NO₂ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	-0,162	0,391	-0,374	-0,001	-0,349	-0,414	0,421	-0,058	-0,146	-0,230	0,187	-0,153
O₃ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	-0,154	0,350	-0,171	-0,108	-0,479	-0,284	0,446	-0,149	-0,279	-0,328	0,323	-0,056
PM₁₀ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	-0,707	-0,098	-0,490	-0,272	-0,011	-0,411	-0,035	-0,055	0,296	-0,635	0,213	-0,575
SO₂ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	0,491	0,210	0,379	0,249	-0,386	0,036	-0,382	-0,450	-0,180	0,655	0,231	-0,468

Fuente: Formulario de datos.

Realizado por: Los autores.

Anexo 18. Coeficientes de Regresión lineal de variación de los factores meteorológicos y contaminantes.

	Temperatura (°C)			Humedad Relativa (%)			Velocidad del viento (km/h)			Precipitación (mm/mes)		
	2010	2011	2012	2010	2011	2012	2010	2011	2012	2010	2011	2012
Benceno ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	0,256	-0,452	0,352	0,058	0,246	0,027	0,061	0,194	-0,050	0,010	0,017	0,003
NO₂ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	-0,469	2,174	-1,168	-0,001	-0,452	-0,293	0,179	-0,100	-0,111	-0,019	0,021	-0,009
O₃ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	-0,933	4,038	-1,950	-0,224	-1,289	-0,735	0,395	-0,529	-0,780	-0,056	0,075	-0,012
PM₁₀ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	-7,425	-1,017	-2,392	-0,982	-0,027	-0,455	-0,054	-0,176	0,353	-0,188	0,045	-0,050
SO₂ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	2,661	0,990	1,383	0,464	-0,423	0,030	-0,304	-0,651	-0,161	0,100	0,022	-0,031

Fuente: Formulario de datos.

Realizado por: Los autores.



Anexo 19. Porcentajes de variación de los casos clínicos con respecto a los factores meteorológicos.

	2010				2011				2012			
	% T	% H	% VV,	% P	% T	% H	% VV,	% P	% T	% H	% VV,	% P
Asma	7,68	0,20	-1,90	0,00	14,80	7,34	-2,03	-0,73	3,15	2,34	1,01	0,10
Bronconeumonía	0,00	0,00	0,00	0,00	-7,69	-2,94	7,57	-0,40	3,09	7,22	-2,06	0,00
Bronquiolitis	0,00	0,00	0,00	0,00	-20,00	2,00	50,00	-2,00	22,45	27,27	33,33	0,00
Bronquitis	-10,54	0,20	0,00	-0,10	-25,62	-3,44	3,36	0,10	-3,42	1,06	2,89	0,23
EPOC	33,85	9,23	-1,54	-1,54	10,35	10,63	4,63	-0,82	-1,98	-0,80	-2,96	-0,10
Faringitis	37,50	8,33	0,00	0,00	-4,78	-3,13	10,52	-0,70	5,02	-3,64	-0,60	0,10
Fibrosis Pulmonar	-23,43	7,93	5,55	0,50	-20,15	-3,54	-7,32	0,00	0,30	0,80	-1,09	-0,50
IRA	0,00	0,00	0,00	0,00	40,78	6,69	-6,57	-4,88	-20,86	6,66	-3,82	0,80
Neumonía	-5,64	4,54	3,46	1,00	-3,92	-8,65	13,66	-0,50	15,49	-0,20	3,25	0,20
Rinitis	5,87	-1,68	-1,98	-0,50	25,11	14,84	-5,02	-0,46	-1,69	-2,27	-0,30	0,10
Trombosis Venosa	6,80	8,04	2,72	-1,70	0,00	0,00	0,00	0,00	-18,13	9,31	-4,69	-1,09

Temperatura (T), humedad (H), velocidad del viento (VV,), precipitación (P).

Fuente: Formulario de datos.

Realizado por: Los autores.



Anexo 20. Porcentajes de variación de los casos clínicos en relación a los contaminantes de los años 2010, 2011 y 2012.

	2010					2011					2012				
	BENCENO %	NO2 %	O3 %	PM10 %	SO2 %	BENCENO %	NO2 %	O3 %	PM10 %	SO2 %	BENCENO %	NO2 %	O3 %	PM10 %	SO2 %
Asma	5,44	0,30	-0,40	1,31	4,19	-2,08	-0,60	-1,88	1,82	-2,57	10,74	-0,70	-8,61	-1,88	-1,78
Bronconeumonía	15,03	5,02	1,71	-2,08	5,13	-28,97	-0,70	-5,07	14,00	0,10	30,21	-1,49	-3,73	-5,16	-0,40
Bronquiolitis	-3,44	-1,78	10,63	-5,35	11,96	200,72	1,71	-6,11	-20,78	13,88	8,76	-1,98	-5,16	-2,86	-5,16
Bronquitis	6,82	1,41	-0,30	2,02	2,02	-12,54	0,30	-2,47	7,04	-4,21	18,89	-0,90	-2,27	2,02	-4,50
Enfermedad Pulmonar Obstructiva Crónica	-0,60	6,40	-4,02	-0,40	-2,27	8,98	1,01	-0,90	-3,34	-10,24	21,17	9,09	-5,82	-0,40	3,77
Faringitis	16,07	8,00	1,41	-0,30	3,77	-26,07	-8,52	-2,18	11,74	-0,40	47,70	-5,73	0,50	6,29	-3,05
Fibrosis Pulmonar	-9,34	-5,82	11,40	-2,37	-1,78	-48,06	-2,96	-1,78	9,20	-9,88	-21,18	8,33	4,29	-1,59	6,82
Infección Respiratoria Aguda	24,11	-1,88	1,41	-4,21	5,87	-11,57	26,62	10,85	2,53	8,76	-14,27	-3,63	-1,00	-6,85	-10,60
Neumonía	20,56	4,71	-3,63	-1,69	2,74	-3,23	2,43	-1,98	9,53	-5,35	25,48	-2,76	-2,96	-1,09	-1,29
Rinitis	-7,50	2,22	-2,27	0,80	0,10	8,65	-3,73	-2,47	1,61	-0,60	-11,66	0,20	0,70	-0,80	-0,20
Trombosis Venosa	45,34	2,33	-2,27	1,01	-5,35	6,50	-11,31	-2,18	5,76	11,52	-45,94	-9,24	4,19	5,97	7,25

Fuente: Formulario de datos.

Realizado por: Los autores.