

	UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA			
	Documento	Código	Fecha	Revisión
	FORMATO HOJA DE RESUMEN PARA TRABAJO DE GRADO	F-AC-DBL-007	10-04-2012	A
Dependencia	Aprobado		Pág.	
DIVISIÓN DE BIBLIOTECA	SUBDIRECTOR ACADEMICO		1(159)	

RESUMEN – TRABAJO DE GRADO

AUTORES	ELIANA CONTRERAS CARRILLO		
FACULTAD	CIENCIAS AGRARIAS Y DEL AMBIENTE		
PLAN DE ESTUDIOS	INGENIERIA AMBIENTAL		
DIRECTOR	ALEXANDER ARMESTO ARENAS		
TÍTULO DE LA TESIS	EVALUACIÓN DE LOS EFECTOS EN SALUD RELACIONADOS CON LA CONTAMINACIÓN DEL AIRE PARA EL SECTOR CIUDADELA NORTE DE LA CIUDAD DE OCAÑA, NORTE DE SANTANDER		
RESUMEN (70 palabras aproximadamente)			
<p>LA PRESENTE INVESTIGACION PLANTEÓ COMO OBJETIVO PRINCIPAL EVALUAR LOS IMPACTOS EN LA SALUD DEBIDO AL MATERIAL PARTICULADO (<10 µM) EN EL SECTOR CIUDADELA NORTE DE LA CIUDAD DE OCAÑA, PARA DESCRIBIR LA ASOCIACIÓN ENTRE EL MATERIAL PARTICULADO (PM10) Y LA INFLUENCIA DE LOS FACTORES METEOROLÓGICOS (TEMPERATURA, PRECIPITACIÓN, HUMEDAD RELATIVA, DIRECCIÓN Y VELOCIDAD DEL VIENTO) Y SUS EFECTOS EN LAS ENFERMEDADES RESPIRATORIAS REGISTRADAS DURANTE EL PERIODO DICIEMBRE 2014—DICIEMBRE 2015.</p>			
CARACTERÍSTICAS			
PÁGINAS: 159	PLANOS: 0	ILUSTRACIONES: 54	CD-ROM: 1



**EVALUACIÓN DE LOS EFECTOS EN SALUD RELACIONADOS CON LA
CONTAMINACIÓN DEL AIRE PARA EL SECTOR CIUDADELA NORTE DE LA
CIUDAD DE OCAÑA, NORTE DE SANTANDER**

ELIANA CONTRERAS CARRILLO

**UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS Y DEL AMBIENTE
INGENIERÍA AMBIENTAL
OCAÑA
2015**

**EVALUACIÓN DE LOS EFECTOS EN SALUD RELACIONADOS CON LA
CONTAMINACIÓN DEL AIRE PARA EL SECTOR CIUDADELA NORTE DE LA
CIUDAD DE OCAÑA, NORTE DE SANTANDER**

ELIANA CONTRERAS CARRILLO

**Trabajo de grado presentado como requisito para optar el título de Ingeniera
Ambiental**

**Director
ALEXANDER ARMESTO ARENAS
M.Sc.**

**UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS Y DEL AMBIENTE
INGENIERÍA AMBIENTAL
OCAÑA
2015**

DEDICATORIA

Para comenzar quiero agradecer a DIOS porque él es el que hace todo posible, la fuente absoluta de todo conocimiento. Igualmente, agradecer a mis padres que siempre han creído en mí y me han apoyado incondicionalmente.

A cada uno de mis profesores y compañeros por todo lo que me enseñaron en cada clase y cada momento compartido.

A la universidad FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA por ser el espacio de aprendizaje en mi formación profesional y académica, me siento muy orgullosa de pertenecer a esta institución.

También expreso mi agradecimiento a las entidades:

Corporación Autónoma Regional de la Frontera Nororiental – CORPONOR por el aporte de insumos y equipamientos de la red de monitoreo de la calidad del aire.

IPS – ESE HOSPITAL EMIRO QUINTERO CAÑIZARES y OFICINA DE SALUD PÚBLICA de la Alcaldía de Ocaña por permitir el acceso a los registros sobre salud, información muy valiosa y necesaria para llevar a cabo la investigación.

De igual manera, agradecer a mi director de trabajo de grado M.SC. Alexander Armesto Arenas por su valiosa colaboración y dirección, su apoyo e interés en mejorar cada detalle durante la elaboración de este estudio; así también por brindarme las herramientas necesarias para realizar y llevar a feliz término este proyecto.

A todos, mis más sinceros agradecimientos.

ELIANA CONTRERAS C.

CONTENIDO

	Pág.
<u>INTRODUCCIÓN</u>	17
<u>1. TÍTULO</u>	18
<u>1.1 PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.</u>	18
<u>1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACION.</u>	18
<u>1.3 FORMULACION DE LA PREGUNTA DE INVESTIGACION?</u>	20
<u>1.4 OBJETIVOS</u>	21
1.4.1 General..	21
1.4.2 Específicos..	21
<u>1.5 JUSTIFICACION</u>	21
<u>1.6 DELIMITACIONES</u>	22
1.6.1 Delimitación Conceptual.	22
1.6.2 Delimitación Operativa..	23
1.6.3 Delimitación Temporal.	23
1.6.4 Delimitación Geográfica.	23
<u>2. MARCO REFERENCIAL</u>	24
<u>2.1 ANTECEDENTES.</u>	24
<u>2.2 MARCO HISTÓRICO.</u>	29
2.2.1 Origen y evolución histórica de los efectos en salud relacionados con la contaminación del aire a nivel mundial..	29
2.2.2 Origen y evolución histórica de los efectos en salud relacionados con la contaminación del aire a nivel nacional..	30
2.2.3 Origen y evolución histórica de los efectos en salud relacionados con la contaminación del aire a nivel regional..	32
2.2.4 Origen y evolución histórica de los efectos en salud relacionados con la contaminación del aire a nivel local..	33
<u>2.3 MARCO CONTEXTUAL.</u>	33
2.3.1 Demografía..	35
2.3.2 Problemáticas del desarrollo municipal..	37
2.3.2.1 Pobreza..	38
2.3.2.2 Prestación y garantía de servicios de salud..	38
2.3.2.3 Víctimas de desplazamiento forzado por la violencia..	39
2.3.2.4 Garantía de servicios de tránsito y movilidad..	39
2.3.3 Comuna 6. Ciudadela Norte..	40
<u>2.4 MARCO CONCEPTUAL.</u>	41
<u>2.5 MARCO TEÓRICO.</u>	43
2.5.1 Material particulado en la atmósfera.	46
2.5.1.1 Origen del material particulado..	47

2.5.1.2 Tipo de fuente de emisión del material particulado..	47
2.5.1.3 Tamaño del material particulado..	48
2.5.1.4 Composición química del material particulado.	50
2.5.1.5 Composición biológica del material particulado..	50
2.5.2 Efectos de la contaminación atmosférica por material particulado (pm10) en la salud humana.	51
2.5.2.1 Mecanismo de contacto y exposición del ser humano con el material particulado (PM10)..	52
2.5.2.2 Mecanismo de deposición del material particulado (PM10) en el sistema respiratorio.	53
2.5.2.3 Los efectos de la contaminación por PM10 en la salud y sus manifestaciones clínicas..	54
2.5.2.3.1 Población susceptible..	55
<u>2.6 MARCO LEGAL.</u>	55
2.6.1 Ley 23 de 1973.	55
2.6.2 Decreto 2811 de 1974	55
2.6.3. Ley 09 de 1979	56
2.6.4. Decreto 02 de 1982	56
2.6.5. Ley 99 de 1993	56
2.6.6. Decreto 948 de 1995	56
2.6.7. Resolución 1351 de 1995	56
2.6.8. Resolución 005 de 1996	57
2.6.9. Resolución 864 de 1996	57
2.6.10. Resolución 601 de 2006	57
2.6.11. Resolución 610 de 2010	57
<u>3. DISEÑO METODOLÓGICO</u>	59
<u>3.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN.</u>	60
<u>3.2 POBLACIÓN.</u>	60
<u>3.3 MUESTRA.</u>	60
<u>3.4 RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN.</u>	63
<u>3.5 ANÁLISIS DE INFORMACIÓN.</u>	63
3.5.1 Análisis de concentración de PM10..	65
3.5.2. Análisis de datos de los efectos en salud..	66
3.5.3 Análisis de asociación entre PM10 y efectos en salud.	67
<u>4. ADMINISTRACIÓN DEL PROYECTO</u>	67
<u>4.1 RECURSOS HUMANOS.</u>	67
<u>4.2 RECURSOS INSTITUCIONALES.</u>	68
<u>4.3 CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES.</u>	69
<u>4.4 RECURSOS FINANCIEROS.</u>	70
<u>5. RESULTADOS Y DISCUSION</u>	71
<u>5.1 ANÁLISIS DEL CONTAMINANTE CRITERIO MATERIAL PARTICULADO PM10</u>	71

5.1.1 Promedios anuales de PM10.	72
5.1.2 Promedios diarios de PM10..	72
5.1.3 Índice de Calidad del Aire..	73
<u>5.2 ANÁLISIS DE LA MORBILIDAD ATENDIDA EN SALAS ERA REPORTADOS POR IPS – ESE HOSPITAL EMIRO QUINTERO CAÑIZARES POR SEMANA EPIDEMIOLÓGICA, PERIODO DIC 6 DE 2014- DIC 4 DE 2015.</u>	74
5.2.1 Morbilidad atendida en sala ERA del Hospital HEQC en el periodo estudio, presentada por diagnóstico y grupo etario.	76
<u>5.3. ANÁLISIS DE DATOS METEOROLÓGICOS, SU INFLUENCIA SOBRE PM10 Y EFECTOS SOBRE ENFERMEDADES RESPIRATORIAS AGUDAS.</u>	77
5.3.1 Precipitación.	78
5.3.2 Temperatura..	80
5.3.3 Humedad relativa.	82
5.3.4 Velocidad del viento.	83
5.3.5 Análisis de la relación variables meteorológicas (Precipitación, Temperatura y Humedad Relativa) con material particulado PM10 y sus efectos en salud.	85
5.3.6 Dirección del viento..	87
<u>5.4. ANÁLISIS DE LOS PROMEDIOS MENSUALES DE PM10 VS MORBILIDAD POR ENFERMEDAD RESPIRATORIA AGUDA, DURANTE LOS MESES DIC (2014-2015).</u>	98
5.4.1 Análisis de los promedios mensuales de PM10 vs Morbilidad por enfermedad respiratoria aguda, por meses según localización (barrios) -sector Ciudadela Norte..	99
5.4.1.1 Análisis estadístico descriptivo.	101
<u>5.5. ANÁLISIS AFORO VEHICULAR- EMISION DE PM10. 105</u>	106
5.5.1 Modelación dispersión de emisiones de PM10 en el sector Ciudadela Norte.	112
 <u>6. CONCLUSIONES</u>	 112
 <u>7. RECOMENDACIONES.</u>	 114
 <u>BIBLIOGRAFIA</u>	 115
 <u>CIBERGRAFIA</u>	 122
 <u>ANEXOS</u>	 125

LISTA DE TABLAS

pág.

Tabla 1. Áreas por Comuna.....	32
Tabla 2. Población Municipio de Ocaña por grupos de edad, Ocaña 2011.....	33
Tabla 3. Personas registradas en el Sisben 2011.....	35
Tabla 4. Características de las partículas ambientales.....	43
Tabla 5. Niveles máximos permisibles para contaminantes criterio (Resolución 601 del 2006).....	55
Tabla 6. Niveles de concentración para la determinación de estados de prevención, alerta y emergencia.....	56
Tabla 7. Valor del Índice de Calidad del Aire y efectos a la salud.....	62
Tabla 8. Actores Involucrados.....	66
Tabla 9. Presupuesto Global del proyecto por fuentes de financiación (en miles de \$).....	68
Tabla 10. Descripción de los equipos de uso propio (en miles de \$).....	68
Tabla 11. Descripción de los materiales e insumos (en miles de \$).....	68
Tabla 12. Salidas de campo (en miles de \$).....	68
Tabla 13. Correlación lineal entre dos variables.....	78
Tabla 14. Precipitación mensual, estación UFPSO sede primavera, Feb– Nov (2015).....	78
Tabla 15. Correlación entre Precipitación y Concentración PM10.....	79
Tabla 16. Temperatura promedio mensual, estación UFPSO sede primavera, Feb– Nov (2015).....	80
Tabla 17. Correlación entre Temperatura y Concentración PM10.....	81
Tabla 18. (%) Humedad relativa mensual, estación UFPSO sede primavera, Feb– Nov (2015).....	82
Tabla 19. Correlación entre Precipitación y Concentración PM10.....	83
Tabla 20. Velocidad de viento promedio mensual, estación UFPSO sede primavera, Feb– Nov (2015).....	83
Tabla 21. Escala de Beaufort.....	84
Tabla 22. Correlación entre Velocidad de viento y Concentración PM10.....	85
Tabla 23. Rumbos - rosa de vientos.....	88
Tabla 24. Análisis Rosa de Vientos y frecuencia de ocurrencia, Marzo (2015), estación UFPSO sede Primavera.....	89
Tabla 25. Análisis Rosa de Vientos y frecuencia de ocurrencia, Abril (2015), estación UFPSO sede Primavera.....	90
Tabla 26. Análisis Rosa de Vientos y frecuencia de ocurrencia, período Mayo–Noviembre (2015), estación UFPSO sede Primavera.....	91
Tabla 27. Análisis Rosa de Vientos y frecuencia de ocurrencia, Junio (2015), estación UFPSO sede Primavera.....	92
Tabla 28. Análisis Rosa de Vientos y frecuencia de ocurrencia, Julio (2015), estación UFPSO sede Primavera.....	93

Tabla 29. Análisis Rosa de Vientos y frecuencia de ocurrencia, Agosto (2015), estación UFPSO sede Primavera.....	94
Tabla 30. Análisis Rosa de Vientos y frecuencia de ocurrencia, Septiembre (2015), estación UFPSO sede Primavera.....	95
Tabla 31. Análisis Rosa de Vientos y frecuencia de ocurrencia, Octubre (2015), estación UFPSO sede Primavera.....	96
Tabla 32. Análisis Rosa de Vientos y frecuencia de ocurrencia, Noviembre (2015), estación UFPSO sede Primavera.....	97
Tabla 33. Promedio rosa de vientos y frecuencia, de la estación UFPSO sede primavera, periodo Marzo-Noviembre (2015).....	98
Tabla 34. Variables comparativas.....	99
Tabla 35. Correlación entre No. Casos ERA y Concentración PM10.....	100
Tabla 36. Distribución de Casos ERA por mes por localización (Barrios).....	102
Tabla 37. Estadísticos descriptivos para casos de Enfermedad Respiratoria Aguda por mes de acuerdo a la distribución del sector Ciudadela Norte (Barrios).....	103
Tabla 38. Análisis de varianza para casos de Enfermedad Respiratoria Aguda por mes de acuerdo a la distribución del sector Ciudadela Norte (Barrios).....	104
Tabla 39. Factor de emisión para clases de vehículos.....	106

LISTA DE FIGURAS

pág.

Figura 1. Ubicación Geográfica del municipio de Ocaña en el país y en el departamento Norte de Santander.....	31
Figura 2. Mapa con la División Política (Comunas) de Ocaña. (En morado, Sector norte de Ocaña; comuna 6 Ciudadela Norte).....	32
Figura 3. Pirámide poblacional, Ocaña 2011.....	34
Figura 4. Mapa del sector Ciudadela Norte del municipio de Ocaña. (Norte de Santander).....	38
Figura 5. Dinámica de la contaminación: Emisiones – Transporte – Inmisión.....	41
Figura 6. Tamaño de las partículas PM10 y PM2,5.....	46
Figura 7. Depósito de partículas de distinto tamaño en el sistema respiratorio.....	49
Figura 8. Estación Santa Clara, Ubicación del equipo de muestreo.....	59
Figura 9. Localización aforo vehicular sobre el tramo de la vía principal sector Ciudadela Norte.....	60

LISTA DE GRÁFICAS

pág.

Gráfica 1. Comportamiento promedio anual de PM10 – Periodo (Dic 2014-Dic 2015) – Sector Ciudadela Norte.....	71
Gráfica 2. Comportamiento de la concentración promedio diaria- (mediciones cada 3 días) de PM10– Periodo (diciembre 2014 a Nov 2015) – Sector Ciudadela Norte.....	72
Gráfica 3. Índice de Calidad del Aire por PM10 en el sector Ciudadela Norte, periodo Dic 2014-Nov 2015.....	73
Gráfica 4. Porcentaje del ICA, sector Ciudadela Norte, Dic 2014-Nov 2015.....	74
Gráfica 5. Casos atendidos de ERA por semana epidemiológica, en el período estudio- Sector Ciudadela Norte.....	74
Gráfica 6. Casos atendidos ERA por mes, en el período estudio- Sector Ciudadela Norte..	75
Gráfica 7. Proporción de casos ERA notificados por Grupo Etéreo, Dic 2014- Dic 2015...	76
Gráfica 8. Distribución de casos atendidos en sala ERA, por diagnóstico de atención, Dic 2014- Dic 2015.....	76
Gráfica 9. Relación de las variables meteorológicas con material particulado PM10 y sus efectos en salud.....	77
Gráfica 10. Comportamiento mensual de la concentración de PM10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) Vs Precipitación para el periodo de estudio. Sector Ciudadela Norte.....	79
Gráfica 11. Comportamiento mensual de la concentración de PM10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) Vs Temperatura ($^{\circ}\text{C}$) para el periodo de estudio. Sector Ciudadela Norte.....	81
Gráfica 12. Comportamiento mensual de la concentración de PM10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) Vs Humedad relativa (%) para el periodo de estudio. Sector Ciudadela Norte.....	82
Gráfica 13. Comportamiento mensual de la concentración de PM10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) Vs Velocidad de viento (m/s) para el periodo de estudio. Sector Ciudadela Norte.....	85
Gráfica 14. Comportamiento de la Enfermedad Respiratoria Vs Precipitación mensual y Concentración promedio mensual de PM10. Sector Ciudadela Norte.....	86
Gráfica 15. Comportamiento de la Enfermedad Respiratoria Vs Temperatura mensual y Concentración promedio mensual de PM10. Sector Ciudadela Norte.....	87
Gráfica 16. Comportamiento de la Enfermedad Respiratoria Vs Humedad Relativa mensual y Concentración promedio mensual de PM10. Sector Ciudadela Norte.....	87
Gráfica 17. Rosa de vientos de la estación UFPSO sede primavera, Marzo/2015.....	89
Gráfica 18. Distribución en porcentajes de clases de vientos (m/s), marzo/2015, sector Ciudadela Norte.....	89
Gráfica 19. Rosa de vientos estación UFPSO sede primavera, Abril/2015.....	90
Gráfica 20. Distribución en porcentajes de clases de vientos (m/s), abril/2015, sector Ciudadela Norte.....	90
Gráfica 21. Rosa de vientos estación UFPSO sede primavera, Mayo/2015.....	91
Gráfica 22. Distribución en porcentajes de clases de vientos (m/s), mayo/2015, sector Ciudadela Norte.....	91
Gráfica 23. Rosa de vientos de la estación UFPSO sede primavera, Junio/2015.....	92
Gráfica 24. Distribución en porcentajes de clases de vientos (m/s), junio/2015, sector Ciudadela Norte.....	92
Gráfica 25. Rosa de vientos de la estación UFPSO sede primavera, Julio/2015.....	93

Gráfica 26. Distribución en porcentajes de clases de vientos (m/s), julio/2015, sector Ciudadela Norte.....	93
Gráfica 27. Rosa de vientos de la estación UFPSO sede primavera, Agosto/2015.....	94
Gráfica 28. Distribución en porcentajes de clases de vientos (m/s), Agosto/2015, sector Ciudadela Norte.....	94
Gráfica 29. Rosa de vientos de la estación UFPSO sede primavera, Sepyembre/2015.....	95
Gráfica 30. Distribución en porcentajes de clases de vientos (m/s), Septiembre/2015, sector Ciudadela Norte.....	95
Gráfica 31. Rosa de vientos de la estación UFPSO sede primavera, Octubre/2015.....	96
Gráfica 32. Distribución en porcentajes de clases de vientos (m/s), Octubre/2015, sector Ciudadela Norte.....	96
Gráfica 33. Rosa de vientos de la estación UFPSO sede primavera, Noviembre/2015.....	97
Gráfica 34. Distribución en porcentajes de clases de vientos (m/s), Noviembre/2015, sector Ciudadela Norte.....	97
Gráfica 35. Promedio Rosa de vientos de la estación UFPSO sede primavera, periodo Mar-Nov (2015), sector Ciudadela Norte.....	98
Gráfica 36. Distribución en porcentajes de clases de vientos (m/s), periodo Mar-Nov (2015), sector Ciudadela Norte.....	98
Gráfica 37. Comportamiento de material particulado PM10 vs Casos de Enfermedad Respiratoria, Hospital EQC E.S.E. Dic (2014-2015). Sector Ciudadela Norte.....	99
Gráfica 38. Comparativo número de casos por enfermedad respiratoria Vs concentración de PM10, de acuerdo a localización por barrios del sector Ciudadela Norte.....	101
Gráfica 39. Comparación Número de vehículos y emisiones vehiculares de PM10 del sector Ciudadela Norte.....	107
Gráfica 40. Modelamiento de la dispersión de emisiones del contaminante PM10 del área de influencia, sector Ciudadela Norte. Resultados a h=0.4 metros.....	109
Gráfica 41. Modelamiento de la dispersión de emisiones del contaminante PM10 del área de influencia, sector Ciudadela Norte. Resultados a h=1.6 metros.....	110
Gráfica 42. Modelamiento de la dispersión de emisiones del contaminante PM10 del área de influencia, sector Ciudadela Norte. Resultados a h=2 metros.....	111
Gráfica 43. Modelamiento de la dispersión de emisiones del contaminante PM10 del área de influencia, sector Ciudadela Norte. Resultados a h=6 metros.....	111
Gráfica 44. Modelamiento de la dispersión de emisiones del contaminante PM10 del área de influencia, sector Ciudadela Norte. Resultados a h=8 metros.....	112
Gráfica 45. Comportamiento del tráfico vehicular en el sector Ciudadela Norte. Diciembre 21 de 2015.....	112

LISTA DE ANEXOS

	pág.
Anexo A. Formato de Registro de Concentración para PM10.....	127
Anexo B. Formato: Notificación de casos ERA.....	128
Anexo C. Formato de registro para Factores meteorológicos.....	129
Anexo D. Formato de registro Aforo vehicular.....	130
Anexo E. Oficios presentados para obtener autorización sobre información.....	131
Anexo F. Formato: Análisis casos ERA	133
Anexo G. Cronograma de Actividades.....	134
Anexo H. Total población casos de Enfermedades Respiratorias, Hospital Emiro Quintero Cañizares E.S.E, Ocaña, Norte de Santander.....	135
Anexo I. Base de datos-casos de Enfermedades Respiratorias, Hospital Emiro Quintero Cañizares E.S.E, sector Ciudadela Norte.....	136
Anexo J. Resultado mediciones Material Particulado PM10 y su respectivo Índice de Calidad del Aire.....	151
Anexo K. Resultados de emisiones por tipo de vehículo.....	154
Anexo L. Resultado número de vehículos de acuerdo a clasificación.....	159
Anexo M. Fotografías Aforo de Volumen Vehicular, sector Ciudadela Norte.....	160

RESUMEN

Las personas expuestas a altas concentraciones de contaminantes específicamente en cuanto a material particulado PM10, pueden presentar afectaciones a la salud humana por enfermedades respiratorias; siendo vulnerables a los efectos del contaminante.

El estudio fue realizado en el sector Ciudadela Norte de la Ciudad de Ocaña en el periodo de diciembre 6 de 2014 a diciembre 5 de 2015, con el objetivo de evaluar los impactos en la salud debido al material particulado ($<10\ \mu\text{m}$), mediante la Red de Monitoreo de calidad del Aire “UFPSO – CORPONOR” y registros del Hospital de la respectiva ciudad, con el fin de hallar la correlación entre la concentración del contaminante y el número de casos de tipo respiratorio. La población objetivo estuvo conformada por el número total de pacientes cuya zona de residencia se encuentra en el sector Ciudadela Norte; que acudieron al servicio de consulta externa, hospitalización y urgencias; por enfermedades respiratorias.

La recolección de información se llevó a cabo a través de la observación documental de los datos que corresponden a las mediciones de concentración de PM10, a los factores meteorológicos, los datos de morbilidad por enfermedades respiratorias y el resultado de un aforo vehicular.

Los resultados obtenidos mostraron que la mayoría de meses se mantienen por debajo de los estándares nacionales de calidad del aire, aunque se presentaron «picos» de contaminación en los cuales se superaron los estándares de calidad del aire de la EPA y el límite máximo permisible establecido en la Resolución 610 de 2010.

En cuanto al índice de calidad del aire durante el periodo de aforo predominó la calidad del aire “Buena” con un 75%, sin embargo, la calidad del aire “Moderada” tuvo un porcentaje significativo del 25%.

Las variables meteorológicas: Temperatura, precipitación y humedad relativa no mostraron relación con el contaminante PM10; siendo la velocidad y dirección del viento los dos factores que mostraron relación, influyendo sobre el comportamiento y dispersión de las partículas PM10 concentrándose hacia el barrio Santa Clara siendo el más afectado.

Debido a que hubo episodios en los cuales los valores promedio de PM10 excedieron los límites permisibles en el sector Ciudadela Norte; se concluye que, de acuerdo a los casos reportados; los mayores efectos del PM10 se presentaron en el barrio Santa Clara. Por lo tanto, la exposición de las personas al PM10 incrementa el riesgo de morbilidad por enfermedades respiratorias.

INTRODUCCIÓN

La calidad del aire que respiran los seres humanos es fundamental para su protección, más concretamente su salud; pues según la evidencia científica, las altas concentraciones de contaminantes específicamente en cuanto a material particulado; se ha relacionado con un aumento en los riesgos de mortalidad y morbilidad por enfermedades respiratorias.

El interés en realizar la investigación se debe principalmente a los efectos negativos que el material particulado PM10 puede presentar sobre la salud humana; por eso uno de los objetivos principales es evaluar los impactos en la salud debido al material particulado (<10 μm).

En la presente investigación se hace una búsqueda de los diferentes estudios que se han realizado sobre el tema; a nivel mundial, nacional, regional y local que permitan profundizar acerca del tema.

Para este estudio de caso, en la ciudad de Ocaña no se han realizado investigaciones donde se relacione contaminación del aire por material particulado PM10 con enfermedades respiratorias; pero actualmente ha surgido un interés por parte de las autoridades ambientales como CORPONOR e instituciones de educación superior como UFPS Ocaña en realizar investigaciones académicas respecto a calidad del aire que aporte información valiosa al sistema de vigilancia sanitaria y ambiental del municipio.

Para el óptimo desarrollo de la investigación los datos fueron aportados por la red de monitoreo de la calidad del aire conformada por UFPS Ocaña- CORPONOR, conjuntamente con datos aportados en la oficina de salud pública de la alcaldía de Ocaña. A los cuales se realizó un análisis para conocer el grado de afectación causado por las distintas variables meteorológicas y la concentración de material particulado PM10 sobre la incidencia de casos ERA reportados en la principal IPS del municipio Hospital Emiro Quintero Cañizares.

1. EVALUACIÓN DE LOS EFECTOS EN SALUD RELACIONADOS CON LA CONTAMINACIÓN DEL AIRE PARA EL SECTOR CIUDADELA NORTE DE LA CIUDAD DE OCAÑA, NORTE DE SANTANDER

1.1 PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

La contaminación del aire por material particulado está afectando negativamente la calidad del aire en el sector ciudadela norte, del municipio de Ocaña (Norte de Santander); debido a que este sitio existe problemas con el flujo vehicular (fuente móvil) por la condición vial, evidenciándose por la Red de Monitoreo Calidad del Aire de Ocaña. UFPSO-CORPONOR, altas concentraciones de emisiones de material particulado igual o inferior a 10 micrómetros, describiendo resultados, por encima de los niveles permisibles establecidos por la normatividad colombiana (Resolución 610 de 2010 Ministerio de Medio Ambiente). Esta información que presenta dicho estudio está sustentada en los monitoreos realizados durante el año 2014 y lo que va del año 2015. En este sentido, tengamos en cuenta que el incremento de la concentración de este contaminante criterio PM10, afecta a la población circundante que se encuentra dentro del área de las fuentes emisoras; causando molestias y aumento en el número de casos de enfermedades de tipo respiratorio, debido a que las partículas al ser inhaladas se depositan en el tracto respiratorio; agravando la salud de las personas. Teniendo en cuenta que estas partículas, dentro de su composición contienen una parte microbiológica (virus, hongos y esporas) y toxicológica.

1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACION

Se considera contaminación del aire a cualquier sustancia, introducida en la atmósfera por las personas, que tenga un efecto perjudicial sobre los seres vivos y el medio ambiente¹. Como señala Mészáros:

El material particulado es uno de los contaminantes atmosféricos más estudiados en el mundo, este se define como el conjunto de partículas sólidas y/o líquidas (a excepción del agua pura) presentes en suspensión en la atmósfera².

Con base en lo anterior, la contaminación del aire se ha convertido en una de las principales preocupaciones de la salud pública en muchas ciudades de América Latina y el Caribe, donde las concentraciones de partículas y de otros contaminantes exceden las normas nacionales de calidad del aire.

No obstante, La exposición a los tipos y concentraciones de contaminantes que frecuentemente se encuentran en las zonas urbanas, se ha relacionado con un aumento de

¹ NATIONALGEOGRAPHIC. La contaminación del aire [en línea]. (s.f). Disponible en Internet: <URL:http://http://www.nationalgeographic.es/medio-ambiente/calentamiento-global/contaminacion-aire> [citado 24 Nov. 2014]

² MÉSZÁROS. citado por ARCINIÉGAS SUÁREZ, César Augusto. Diagnóstico y control de material particulado: partículas suspendidas totales y fracción respirable PM10. En: Revista Virtual Luna Azul [online], Enero- Junio 2012, no.34. [citado 10, noviembre, 2015]. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1909-24742012000100012>

riesgo de mortalidad y morbilidad debido a una variedad de condiciones, incluidas las enfermedades respiratorias y cardiovasculares.

La problemática de la contaminación atmosférica preocupa a la nación por cuanto se encuentra muy ligada a los problemas de salud pública. Investigaciones realizadas a nivel mundial reportan asociaciones entre concentraciones de contaminantes y afectaciones en la salud, especialmente, en centros urbanos densamente poblados. Las variaciones temporales de la concentración de PM10 en el ambiente se han asociado con un aumento de la mortalidad diaria³.

De igual manera, la contaminación atmosférica en Colombia ha sido uno de los factores de mayor preocupación en los últimos años, por los impactos generados tanto en la salud como en el medio ambiente. La problemática atmosférica actual es la que genera los mayores costos sociales y ambientales después de los generados por la contaminación del agua y los desastres naturales⁴. Según un análisis del Banco Mundial, en Colombia cada año ocurren unas 6.000 muertes por causa de la contaminación del aire (BM, 2007).

Conforme al análisis realizado en el año 2005 por el documento Conpes 3344 de 2005, la contaminación del aire en el país estaba causada principalmente por el uso de combustibles fósiles. El 41% del total de las emisiones se generaba en ocho ciudades. Las mayores emisiones de material particulado menor a 10 micras (PM10), óxidos de nitrógeno (NOx) y monóxido de carbono (CO) estaban ocasionadas por las fuentes móviles⁶, mientras que las de partículas suspendidas totales (PST) y óxidos de azufre (SOx) eran generadas por las fuentes fijas.

El documento Conpes 3344 mencionó que, en el país, el contaminante monitoreado de mayor interés, dados sus demostrados efectos nocivos sobre la salud humana era el material particulado (PST y PM10) y que con frecuencia las concentraciones de este contaminante superaban los estándares ambientales de la regulación vigente⁵.

Así mismo, el documento CONPES 3550 de 2008 menciona que “no existen sistemas de vigilancia en salud pública requeridos para monitorear el evento en salud resultante del factor ambiental; se encuentran falencias en el reporte de enfermedades del sistema respiratorio por parte de las Instituciones Prestadoras de Servicios (IPS) al Instituto Nacional de Salud (INS)” y que “Los monitoreos adelantados por las autoridades de salud y ambiente han sido por lo general aislados y discontinuos. Se requiere entonces, integrar el seguimiento de los impactos de la salud atribuibles a las condiciones del ambiente, basados en información epidemiológica”.

³ GONZÁLEZ RAMÍREZ, Claudia. Contaminación del aire un problema de salud pública., Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM) [en línea]. Disponible en Internet: <URL: http://www.siac.gov.co/contenido/contenido_imprimir.aspx?conID=606&catID=466> [citado 24 Nov. 2014]

⁴ MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. Política de prevención y control de la contaminación del aire. Contaminación del aire en Colombia [en línea]. 2010. Disponible en Internet: <URL:http://www.minambiente.gov.co/documentos/normativa/ambiente/politica/polit_calidad_aire.pdf>. p. 11. [citado 24 Nov. 2014]

⁵ *Ibíd.* p. 16

Teniendo en cuenta lo anterior, el área objeto del presente trabajo de investigación, no escapa de esa percepción, debido a la contaminación atmosférica que se genera en el Municipio; la cual se debe principalmente a la alta concentración del tránsito vehicular en la zona urbana, especialmente en el sector céntrico; el mal estado y la obsolescencia del parque automotor; el incremento de los niveles de material particulado generado por la erosión eólica en los suelos degradados y los frentes abandonados de las explotaciones de materiales de construcción; las emisiones permanentes de humo, gases y material particulado del Relleno Sanitario⁶.

En el tema de salubridad del Municipio de Ocaña, los análisis de Mortalidad por IRA (Infección Respiratoria Aguda) en la categoría de salud para el año 2012 los indicadores arrojaron un dato de 98 personas⁷. De igual forma y sirviendo de anexo a esta problemática ambiental, la Red de Monitoreo de Calidad del Aire, ha arrojado datos que muestran, que el contaminante atmosférico igual o inferior a 10 micrómetros (PM10), en algunos meses del año, el promedio excede lo exigido por el ministerio de Medio Ambiente (promedio anual = 50microgramos/metro cubico), describiendo una calidad de aire moderada. Para la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos de América (EPA), esta calidad del aire, es aceptada sin embargo se deben reducir la actividad física fuerte o prolongada a personas extremadamente sensibles con asma y adultos con enfermedad cardiocerebrovascular como hipertensión arterial, enfermedad isquémica del miocardio o pulmonar como asma, enfisema y bronquitis crónica. En este sentido se debe dejar claros que estas alteraciones, más que todo se presentan en el sector Ciudadela Norte del respectivo municipio, debido a la condición y control vial.

Es por ello que se plantea la necesidad de realizar un estudio epidemiológico en dicho sector con el fin evaluar los impactos en la salud debido a la contaminación del aire específicamente por material particulado igual o inferior a 10 micrometros (PM10).

Para el logro de la investigación se encuentra proyectado realizar en un plazo de 3 meses, el análisis de los respectivos efectos, utilizando equipos de medición (Contador vehicular, estación meteorológica), software de modelación, y haciendo uso de los fundamentos de la medición de material particulado, de la Red Monitoreo de Calidad de Aire de Ocaña, así mismo, de información suministrada por la principal institución prestadora de servicio de salud del municipio. Hospital Emiro Quintero Cañizares E.S.E.

1.3 FORMULACION DE LA PREGUNTA DE INVESTIGACION?

¿Cuáles son los efectos respiratorios más relevantes sobre la salud humana del sector Ciudadela Norte de la Ciudad de Ocaña, relacionados con el material particulado PM10?

⁶ PLAN DE DESARROLLO 2012-2015. Ocaña Confiable y Participativa. [en línea]. s.f. Disponible en Internet: <URL: http://ocana.nortedesantander.gov.co/acuerdo_plan_de_desarrollo_2012_2015_oca_a_participativa_y_confiable_2.pdf>. p. 38. [Citado 25 Nov. 2014]

⁷ ALCALDIA DE OCAÑA. Indicadores 2012. [en línea]. Disponible en Internet: <URL: http://ocana.nortedesantander.gov.co/indicadores_anuales.shtml?apc=bexx-1-&x=2836864#salud> [citado 25 Nov. 2014]

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 General. Evaluar los impactos en la salud debido al material particulado (<10 µm) en el sector Ciudadela Norte de la ciudad de Ocaña, mediante la Red de Monitoreo de calidad del Aire “UFPSO – CORPONOR” y registros del Hospital de la respectiva ciudad, con el fin de hallar la correlación entre la concentración del contaminante y el número de casos de tipo respiratorio.

1.4.2 Específicos. Evaluar las concentraciones de material particulado en el aire, en el punto crítico establecido (Crediservir Sede Santa Clara).

Calcular los grupos de población afectados por niveles específicos de material particulado del sector Ciudadela Norte.

Analizar el comportamiento de la morbilidad y mortalidad para patologías asociadas al material particulado en la principal IPS de la ciudad de Ocaña: Hospital Emiro Quintero Cañizares E.S.E.

Determinar la relación concentración-respuesta para valorar los impactos en la salud

1.5 JUSTIFICACIÓN

Como señala OPS y WHO:

La importancia del estudio y control de la contaminación atmosférica está sustentada en la evidencia sobre su impacto negativo en la salud respiratoria y cardiovascular de las personas, así como con el deterioro de su calidad de vida⁸.

Así mismo, son las partículas suspendidas menores o iguales a 10 µm (PM10) las que forman parte de los contaminantes de mayor atención actual, ya que en muchas ciudades se han demostrado y documentado sus efectos nocivos sobre la salud, al relacionar el aumento en sus concentraciones con incrementos en el número de hospitalizaciones por enfermedades respiratorias y defunciones⁹.

⁸ FRANCO R, Juan Felipe. Contaminación atmosférica en centros urbanos. Desafío para lograr su sostenibilidad: caso de estudio Bogotá. En: Revista Virtual EAN [online], Enero- Junio 2012, no. 72. [citado 10, Noviembre, 2015]. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-81602012000100013&lng=pt&nrm=iso>

⁹ ALDUNATE, Pablo; PAZ, Oscar y HALVORSEN, Kjetil. Los efectos de la contaminación atmosférica por PM10 sobre la salud ciudad de La Paz – Bolivia (3650 m.s.n.m.). En: Revista Virtual Acta Nova- Universidad Católica Boliviana [online], junio 2006, N°2. [citado 26, enero, 2016]. Disponible en: <<https://www.ucbcba.edu.bo/universidad/Publicaciones/revistas/actanova/documentos/v3n2/v3.n2.aldunate.pdf>>

El interés actual en estudiar y monitorizar el material particulado atmosférico se debe principalmente a su probado efecto negativo sobre la salud humana, los ecosistemas y su papel en el cambio climático. Por ello, resulta de vital importancia llevar a cabo estudios de caracterización del material particulado atmosférico que aporten la información necesaria para adoptar, en su caso, medidas de corrección eficaces¹⁰.

La presente investigación contribuye un aporte valioso como material de información para posteriores investigaciones relacionadas con la contaminación del aire por material particulado en el área de estudio, como para establecer criterios de valoración en la salud referidos al riesgo que ésta representa. Así mismo, la investigación brindará información que permitirá ampliar el conocimiento que se tiene en cuanto a enfermedades atribuibles a material particulado y los niveles de riesgo de la población en el área de estudio, igualmente contribuirá a mejorar las medidas que se pueden o deben adoptar para minimizar los efectos en la salud y los costos asociados a la calidad del aire.

Desde el punto de vista ambiental, se hace necesario la realización de la investigación la cual está relacionado con el mejoramiento de la calidad de vida de los habitantes, así como los recursos naturales; a través del conocimiento respecto a la presencia y comportamiento de las partículas en la atmósfera, su posterior deposición, lo cual puede generar efectos en la degradación del clima, el ecosistema y en los seres vivos.

Así mismo, contribuirá a la red de vigilancia de la calidad del aire y a la UFPS seccional Ocaña en sus proyectos de investigación.

1.6 DELIMITACIONES

1.6.1 Delimitación Conceptual. La investigación abarca los siguientes conceptos fundamentales como:

Contaminación del aire
Calidad del aire
Evaluación del impacto en la salud (EIS)
Mortalidad y morbilidad
Salud pública
Infección Respiratoria Aguda (IRA)
Fuentes de emisión
Estudio epidemiológico
Concentración de material particulado
Red de monitoreo de la calidad del aire
Vías aéreas superiores
Vías aéreas inferiores

¹⁰ SALINAS ALDABE, Janire. Caracterización físico-química del material particulado en la comunidad foral de navarra. Tesis para aspirar al grado de doctor en ciencias. Pamplona: Universidad de Navarra, Facultad de Ciencias, 2011. 3 p.

1.6.2 Delimitación Operativa. Para el desarrollo de la investigación se propone cambio de filtros cada 3 días, las muestras de PM10 van a ser tomadas cada 24 horas.

Otros datos importantes que se analizarán son temperatura, presión, humedad relativa y radiación solar.

Se realizará la medición del peso de las partículas recogidas en los filtros, los cuales serán analizados en el laboratorio de Calidad del Aire ubicado en las instalaciones de la UFPS Ocaña, con el fin de obtener las concentraciones de los contaminantes medidos. Este proceso está conformado por las siguientes etapas:

- Análisis de laboratorio: Actividad en la cual se realizarán procedimientos analíticos a la muestra para obtener valores que se relacionaran con la concentración de material particulado respectivamente.
- Cálculos: Los datos tomados durante la medición, junto con los resultados calculados del laboratorio, permitirán estimar la concentración del material particulado.

Esta información será recopilada y analizada conjuntamente con los datos obtenidos del Hospital Emiro Quintero Cañizares E.S.E, los cuales serán obtenidos directamente cada semana mediante visitas con la debida autorización.

1.6.3 Delimitación Temporal. El tiempo establecido para el desarrollo de la investigación y la obtención de datos e información, comprende una duración de tres meses.

1.6.4 Delimitación Geográfica. La investigación se llevará a cabo en el sector Ciudadela Norte de la Ciudad de Ocaña, el cual es uno de los puntos críticos establecidos donde se presenta una alta densidad vehicular; allí se encuentra ubicada la estación de monitoreo a cargo de la Corporación Ambiental (CORPONOR) y la Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña:

- El punto específico de ubicación de la estación: Crediservir sede Santa Clara

Paralelamente, se obtendrá información de la siguiente institución prestadora del servicio de salud del municipio de Ocaña:

- E.S.E Hospital Emiro Quintero Cañizares, ubicado en la Calle 7 No. 29 -144 Barrio la Primavera.

2. MARCO REFERENCIAL

2.1 ANTECEDENTES

Para hacer referencia a los antecedentes se hizo un rastreo documental en relación con el tema de investigación, encontrando diversas investigaciones:

Jiménez L, (2011) en su trabajo de grado “Efectos de la Contaminación atmosférica por pm10 sobre las consultas a urgencias por Enfermedades respiratorias en menores de 15 años y mayores de 60 años y mortalidad general en Cali, durante 2010 y 2011”¹¹ evalúa si existe asociación entre la variación diaria de PM10 con el número de consultas por enfermedades respiratorias en niños menores de 15 años y adultos de 60 años o más y mortalidad general en Cali, durante 2010 y 2011; con el objetivo de encontrar evidencia que sirva para la toma de decisiones encaminadas al beneficio de la comunidad. Para el desarrollo de la investigación se tuvo en cuenta los aspectos relacionados con el receptor como la edad y el sexo; mientras que del contaminante se tomó información de concentración de PM10 en la ciudad, tiempo de exposición a corto plazo y fluctuaciones temporales. Se usaron mediciones globales de la exposición (concentración atmosférica diaria de PM10) y de los eventos en salud (morbilidad por enfermedades respiratorias y mortalidad general diaria) que incluyó como variables dependientes las consultas diarias por enfermedades respiratorias y mortalidad general y como variables independientes la concentración diaria de PM10 y las variables meteorológicas.

Igualmente, expone la tendencia temporal de la concentración de PM10:

- Frente a variables temporales como: día de la semana, fin de semana, mes, periodo seco o lluvioso y días festivos.
- Frente a variables meteorológicas como: Temperatura, Humedad y Punto de rocío.
- Evaluación del impacto de la variación en la concentración de PM10 en las consultas a urgencias por enfermedades respiratorias y evaluación del impacto por mortalidad general excluyendo causas externas.

Los resultados de esta investigación evidencian que las variaciones en la concentración de PM10 en Cali tienen efectos negativos sobre la salud respiratoria de los niños y adultos mayores, incluso en niveles inferiores a norma nacional.

Para esta investigación, este trabajo de grado es de gran importancia, pues contribuye al fortalecimiento de la explicación de los efectos en salud en un contexto local, considerando las diferencias en cuanto a tipo y cantidad de fuentes de emisión de contaminantes, procesos

¹¹ HERNÁNDEZ, Liliana Jiménez. Efectos de la contaminación atmosférica por pm10 sobre las consultas a urgencias por enfermedades respiratorias en menores de 15 años y mayores de 60 años y mortalidad general en Cali, durante 2010 y 2011. Tesis de Maestría en Epidemiología. Santiago de Cali: Universidad del Valle, Facultad de salud, 2011.

productivos industriales normas y políticas de regulación vigentes y características de la población como, el acceso a los servicios de salud y susceptibilidad que pueden generar mayor vulnerabilidad de la población.

Así mismo, el marco teórico constituye una guía para la presente investigación pues aborda un Modelo de la Cadena de la Salud Ambiental. Este modelo contempla componentes del contaminante, de la exposición y efectos en salud. Cada uno de estos componentes suministra información para establecer la asociación entre el PM10 y las enfermedades respiratorias en niños y adultos mayores. Tal modelo se complementa con otras variables, tales como: factores meteorológicos, contacto, susceptibilidad, factores fisiológicos y de exposición.

Es importante para esta investigación en cuanto a los efectos de la contaminación por PM10 en la salud, tener en cuenta la sintomatología y el lugar de mayor compromiso.

También, reconoce dos subgrupos, niños y personas de la tercera edad como los más vulnerables a la contaminación atmosférica, se decide que sobre ellos se enfocará la investigación, los cuales serán evaluados mediante los registros de consultas a urgencias y mortalidad por enfermedades respiratorias; mismo enfoque que se llevara a cabo para el cumplimiento de uno de los objetivos específicos planteados en la presente investigación. Igualmente, a lo planteado en la presente, para la medición de los eventos en salud, la recolección de la información individual a través de los registros se hace con base en la edad, sexo, lugar de residencia y fecha de consulta.

Por otro lado, se tiene la investigación realizada por **Mario C, (2012)** en su tesis doctoral titulada “Medicina Preventiva y Salud Pública, Medicina Legal y Forense Carga de enfermedad por contaminación atmosférica debida a materia particulado (PM10 y PM2,5) y ozono (O3) en la ciudad de Valladolid durante el periodo 1999-2008”¹² realizo un estudio en donde establece el vínculo causal entre factores medioambientales y sus efectos perjudiciales para la salud mediante el planteamiento de una alternativa: la Evaluación de Impacto en Salud (EIS), como una metodología integral propuesta por la OMS para determinar el impacto sobre la salud.

Así mismo, presenta métodos para analizar la carga global de enfermedad (CGE) y la carga ambiental de enfermedad (CAE) de diversos factores específicos de riesgo ambiental, entre ellos la contaminación atmosférica, mediante el análisis cuantitativo del PM10 para el cálculo posterior de los parámetros necesarios y así poder establecer un modelo que estime el riesgo de exposición a este contaminante, a través de las funciones de concentración-respuesta (FCR) y que facilite la cuantificación de la carga de enfermedad asociada.

La investigación aporta significativamente en cuanto al planteamiento utilizado, basado en la exposición para calcular la CAE, de forma que la evaluación de los efectos de salud se

¹² CÁRDABA ARRANZ, Mario. Carga de enfermedad por contaminación atmosférica debida a materia particulada (PM10 y PM2,5) y ozono (O3) en la ciudad de Valladolid durante el periodo 1999-2008. Tesis Doctoral. Valladolid: Universidad de Valladolid, Facultad de Medicina, 2012.

realiza mediante un análisis del riesgo, en la que se integra información sobre la exposición, la FCR y las tasas basales del efecto en salud considerado, con lo que para realizar un análisis del impacto en salud que proporcione una estimación de la carga de enfermedad se requiere disponer de:

- Datos sobre la concentración ambiental del contaminante para cuantificar una estimación de la exposición.
- Datos sobre el tamaño de la población en riesgo, tanto globales como de posibles grupos más susceptibles al riesgo.
- Tasas basales de los fenómenos de salud que reflejen el impacto del contaminante, bien de mortalidad o de morbilidad.
- Funciones de concentración – respuesta (FCR) del riesgo relativo del fenómeno de salud, que asocian los cambios en la concentración del contaminante estudiado con los cambios en la incidencia del efecto adverso en salud. Estas funciones se derivan de estudios epidemiológicos.

Astudillo A, (2014) en su tesis “Estudio de genotoxicidad del material particulado (pm10) de la zona urbana del cantón cuenca”¹³ permite determinar mediante una técnica “in vitro” el nivel de genotoxicidad del material particulado (PM10) que se genera, mediante la recolección en diferentes sitios de muestreo de la ciudad; en el cual se empleó un equipo de muestreo de bajo volumen. La investigación es de tipo experimental, en el cual uno de los objetivos que se planteó fue determinar el riesgo genotoxicológico al que están expuestos los habitantes de la ciudad al respirar aire contaminado con PM10.

Esta investigación representa un aporte a la presente, en cuanto al conocimiento de la composición química de las partículas que se encuentran en el aire; igualmente es importante desde el punto de vista epidemiológico y técnico ya que permite por un lado determinar, el potencial efecto en la salud humana por la presencia de sustancias tóxicas; debido a que el material particulado PM10, contienen un gran número de sustancias genotóxicas capaces de comprometer la salud.

Así mismo, considera indispensable dos componentes fundamentales, para determinar el impacto de las partículas atmosféricas sobre la salud, que también se tendrán en cuenta para la presente investigación:

- La relación dosis-respuesta: consiste en llevar a cabo estimaciones sobre la magnitud de los efectos de contaminación de las partículas atmosféricas (PA) sobre la salud.

¹³ ASTUDILLO ALEMÁN, Ana Lucía. Estudio de genotoxicidad del material particulado (PM10) de la zona urbana del Cantón Cuenca. Tesis de Maestría en toxicología industrial y ambiental. Cuenca, Ecuador: Universidad de Cuenca, 2014.

- Población susceptible: estimar el valor del evento en la población susceptible, puede incluir únicamente a subgrupos particularmente susceptibles: niños, ancianos o individuos asmáticos

Referido al mismo tema, se encuentra el artículo realizado por **Salazar, A., et al. (2013)** Titulado “Los efectos del material particulado 10 (PM 10) y de las variables climatológicas en las admisiones hospitalarias por enfermedades respiratorias en niños en la ciudad de Santa Marta, Colombia, 2008-2009”¹⁴ el cual aporta conocimiento sobre la investigación, que permite conocer la relación entre el PM10 y su posible relación en la generación de enfermedades respiratorias, y los efectos de la variación estacional sobre el aumento o disminución en las enfermedades respiratorias.

Igualmente, comprender como es la tendencia y el comportamiento de las enfermedades respiratorias, principalmente durante el periodo lluvioso. Ya que los periodos estacionales pueden tener un efecto en el aumento de enfermedades respiratorias, debido a que algunas enfermedades infecciosas transmitidas vía respiratoria se incrementan en invierno y disminuyen en verano, una posible explicación es que el invierno obliga a los niños a permanecer en espacios cerrados incrementando la posibilidad de transmisión de las enfermedades respiratorias.

Entonces, se hace necesario conocer el comportamiento estacional de las enfermedades respiratorias en una determinada comunidad.

Así mismo, la investigación realizada por **Sarmiento, R., et al. (2015)**; En su artículo titulado “Síntomas respiratorios asociados con la exposición a la contaminación del aire en cinco localidades de Bogotá, 2008-2011, estudio en una cohorte dinámica”¹⁵ en el cual su objetivo fue conocer mediante un estudio la incidencia de los síntomas respiratorios en cinco localidades de Bogotá y su asociación con distintas fuentes de contaminación intramuros y extramuros en el periodo comprendido entre 2008 y 2011.

Aporta a la presente, en cuanto al contexto del estudio para llevar a cabo la investigación; debido a que se seleccionó una muestra de sitios con mayor exposición y otra con menor exposición a la contaminación del aire por material en partículas. Los criterios utilizados para la clasificación en el grupo de alta exposición, fueron la ubicación a una distancia menor de 100 m de las principales fuentes fijas o móviles emisoras de este contaminante como: (i) vías en mal estado, (ii) vías de alto flujo vehicular, (iii) presencia de chimeneas y (iv) polígonos industriales. Los sitios que no presentaban ninguno de estos criterios se clasificaron como de menor exposición.

¹⁴ SALAZAR CEBALLOS, Alexander y ÁLVAREZ MIÑO, Lídice. Los efectos del material particulado 10 (PM 10) y de las variables climatológicas en las admisiones hospitalarias por enfermedades respiratorias en niños en la ciudad de Santa Marta, Colombia, 2008-2009. Revista de la Facultad de Ciencias de la Salud [online], 2011, no. 2. [citado 22, octubre, 2015]. Disponible en: <<http://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3903111> >

¹⁵ SARMIENTO, Rodrigo, et al. Síntomas respiratorios asociados con la exposición a la contaminación del aire en cinco localidades de Bogotá, 2008-2011, estudio en una cohorte dinámica. En: Revista del Instituto Nacional de Salud Biomédica [online], Mayo 2015. [citado 22, octubre, 2015]. Disponible en: <[http:// file:///C:/Users/PC/Downloads/2445-12845-1-PB%20\(2\).pdf](http://file:///C:/Users/PC/Downloads/2445-12845-1-PB%20(2).pdf) >.

A su vez, aporta a la comprensión de conceptos e ideas relacionados con el tema, tales como: La contaminación del aire afecta particularmente a grupos etarios y poblaciones específicas. Por ejemplo, los menores de cinco años son especialmente vulnerables ante los efectos nocivos de la contaminación del aire, debido a sus características anatómicas y fisiológicas. A su vez puntualiza, que el principal contaminante es el material en partículas, en el cual el cual tiene efectos directos sobre el aparato respiratorio e interactúa con los virus respiratorios, potenciando sus efectos. De la misma manera, la mayoría de las emisiones de material en partículas se debe al humo de la combustión de los automóviles expelida por los tubos de escape.

Por último, el artículo realizado por **Martínez, E., et al. (2013)** titulado “Morbilidad respiratoria asociada con la exposición a material particulado en el ambiente”¹⁶ aporta significativamente a la presente, debido a que aborda la investigación mediante un estudio comparativo; en el que explora la morbilidad por causas respiratorias en dos poblaciones similares en sus variables sociodemográficas que viven y trabajan en ambientes en los que están expuestos a diferentes niveles de contaminación; con niveles de exposición promedio para pm10 de 60 µg/m³ en el grupo de individuos expuestos y un grupo de no expuestos, con nivel de exposición promedio para pm10 de 30 µg/m³.

Concluyendo así que:

La exposición de las personas a la contaminación del aire por material particulado es un factor nocivo que causa aumento de las enfermedades respiratorias.

En todos los casos, el exceso de signos y síntomas respiratorios ocurre justamente en la población que está más expuesta a la contaminación.

Las inflamaciones de las vías respiratorias, como rinitis, faringitis, laringitis, traqueitis, bronquitis, neumonías, entre otros, son morbilidades de alta ocurrencia en los espacios urbanos donde viven y laboran las personas.

Las personas que habitan en lugares expuestos a contaminación del aire por material particulado sufren con más frecuencia diversas molestias y enfermedades respiratorias, como congestión nasal, dificultad respiratoria, garganta irritada, tos, estornudos, dolor de cabeza, ardor en los ojos, laringitis, resfriados y crisis asmáticas. Estas enfermedades implican pérdida de calidad de vida en las personas y sobrecarga del sistema de seguridad social en salud.

¹⁶ MARTÍNEZ, Elkin, et al. Morbilidad respiratoria asociada con la exposición a material particulado en el ambiente. En: Revista Facultad Nacional de Salud Pública [online], diciembre, 2011, núm. 4. [citado 22, octubre, 2015]. Disponible en: <<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=12021522011>>

2.2 MARCO HISTÓRICO.

2.2.1 Origen y evolución histórica de los efectos en salud relacionados con la contaminación del aire a nivel mundial. Paralelamente a la historia de la humanidad, siempre ha existido contaminación atmosférica de origen natural, por erupciones volcánicas, incendios, tormentas de arena, descomposición de la materia orgánica o polen, pero es a partir del descubrimiento del fuego por el hombre cuando aparece la contaminación atmosférica antropogénica o contaminación atmosférica en sentido estricto, la cual ha cobrado importancia, sobre todo, a partir de la revolución industrial y el uso masivo de combustibles fósiles como fuente de energía¹⁷. Pese a que las condiciones atmosféricas existentes eran tales que los aportes producidos por el hombre a la atmosfera eran mínimos comparado con las emitidas por las fuentes naturales.

Sin embargo, Las características de la atmósfera han ido cambiando a lo largo de la historia, sobre todo desde los inicios de la Revolución Industrial en el siglo XVIII, y no solo ha variado su composición de manera evidente, sino que también su «calidad» se ha degradado en lo que se denomina de modo genérico «contaminación»¹⁸.

Desde hace varias décadas la contaminación del aire se ha asociado con ciertos efectos nocivos para la salud de las poblaciones. En 1948 los niveles extremadamente altos de contaminación del aire se asociaron con episodios de exceso de mortalidad en Donora, Pennsylvania, en Estados Unidos de América (EUA), al igual que en Londres, Inglaterra, en 1952 y en Meuse Valley, Bélgica, en 1930. Esos episodios se caracterizaron por elevados niveles de partículas, bióxido de azufre y mezclas¹⁹.

La menuda ocurrencia de estos episodios importantes de salud pública, en la que se registraron altos valores promedios de contaminación que sobrepasaban los límites permisibles considerados críticos para la salud; hizo que organismos internacionales como la Organización Mundial de la Salud (OMS) en 1957 comenzara su preocupación por los efectos en salud producto de la contaminación del aire en Europa.

Así mismo, la OPS (Organización Panamericana de la Salud) estableció una red de estaciones de muestreo de la contaminación del aire (REDPANAIRE), iniciando sus operaciones en junio de 1967; con la recolección de muestras mensuales de polvo sedimentable (PS) y muestras diarias de partículas totales en suspensión (PTS) y de SO₂. La REDPANAIRE

¹⁷ ARÁNGUEZ, Emiliano, et al. Contaminantes atmosféricos y su vigilancia. En: Revista Española de Salud Pública [online]. Mar/Abr. 1999, no. 2. [citado 10, octubre, 2015]. Disponible en: <http://scielo.isciii.es/scielo.php?pid=S1135-57271999000200003&script=sci_arttext>

¹⁸ SANTURTÚN, A, et al. Análisis comparativo de la contaminación atmosférica y las visitas a urgencias por asma. En: Revista Virtual Seguridad y Medio Ambiente. Primer trimestre 2014. no 133. [citado 10, octubre, 2015]. Disponible en: <<http://www.mapfre.com/fundacion/html/revistas/seguridad/n133/es/articulo1.html>>

¹⁹ LACASAÑA-NAVARRO, Marina, et al. Evolución de la contaminación del aire e impacto de los programas de control en tres megaciudades de América Latina. En: Revista Virtual Salud Pública de México [online], mayo-junio de 1999, no.3. [citado 10, octubre, 2015]. Disponible en: <<http://www.scielosp.org/pdf/spm/v41n3/41n3a08.pdf>>

comenzó con ocho estaciones y a fines de 1973 tenía un total de 88 estaciones distribuidas en 26 ciudades de 14 países. Hasta diciembre de 1973 se habían recogido más de 350,000 datos sobre la calidad del aire, los que indicaban que varias ciudades duplicaban y triplicaban los niveles de referencia recomendados. Algunas ciudades mostraban además una tendencia al incremento de los niveles de contaminación²⁰.

Durante la década de los noventa, la OMS organizó el Sistema de Información sobre la Gestión de la Calidad del Aire (AMIS por sus siglas en inglés). En 1997, el programa GEMS se incorporó al AMIS. Actualmente, el AMIS brinda la información requerida para el desarrollo de programas de calidad del aire que incluye: monitoreo de la concentración de contaminantes del aire; desarrollo de instrumentos para elaborar inventarios de emisiones y modelos de calidad del aire; estimación de los efectos sobre la salud pública a través de estudios epidemiológicos y la propuesta de planes de acción detallados para mejorar la calidad del aire²¹.

A pesar de que el material particulado (MP) es el contaminante que más significativamente ha sido monitoreado y que presenta mayor asociación con efectos en la salud pública como enfermedades respiratorias y de tipo cardiovascular; actualmente se siguen presentando casos en el mundo que superan de manera significativa los umbrales a pesar de los grandes esfuerzos realizados por organizaciones y gobiernos en todo el mundo, estableciendo normas para la calidad del aire con el fin de proteger a la población; la contaminación del aire sigue siendo un motivo de preocupación ambiental.

2.2.2 Origen y evolución histórica de los efectos en salud relacionados con la contaminación del aire a nivel nacional. En Colombia, la primera norma que reguló la emisión y concentración de contaminantes a la atmósfera fue emitida en 1982, año en el cual se adoptaron los estándares de calidad del aire y de emisión por fuentes fijas²².

Existen antecedentes ocasionados en los que se pueden identificar como casos importantes de contaminación atmosférica los presentados en el Valle de Sogamoso y en el Valle del Cauca. En el caso del Valle de Sogamoso, en el año 2000 había en funcionamiento 720 hornos de alfarería, donde se producían ladrillo y teja; estos hornos, llamados de fuego dormido, operaban con carbón y no tenían filtro alguno, por lo cual los gases y demás contaminantes de la combustión del carbón iban a la atmósfera; el principal contaminante procedente de los hornos es material particulado. En dicho año, por disposición de la Corporación Autónoma Regional de Boyacá – Corpoboyacá - fueron cerrados 200 de los 720 hornos de alfarería que

²⁰ KORC, Marcelo E y SÁENZ, Rodolfo [online]. Monitoreo de la calidad del aire en América Latina. Lima: Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente, 1999. 3 p. [Citado 14, octubre, 2015]. Disponible en: <http://www.bvsde.ops-oms.org/bvsci/e/fulltext/monitlac/monitlac.pdf>

²¹ SEMINARIO INTERNACIONAL “EXPERIENCIA LATINOAMERICANA EN MANEJO AMBIENTAL”. (marzo, 2000: Santiago, Chile). Memorias: Desafíos e innovaciones en la gestión ambiental. Santiago: CEPAL, 2001. 17 p.

²² MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. Política de prevención y control de la contaminación del aire. Antecedentes [en línea]. 2009. Disponible en Internet: < <http://www.bdlaw.com/assets/htmldocuments/Colombia%20-%20Politica%20Calidad%20Aire.pdf> >. p. 4. [Citado 10, octubre, 2015]

había en el perímetro urbano de Sogamoso. Sin embargo, siguen en operación 408 en el sector rural, los cuales utilizan coque como combustible. Aunque no existe un estudio que compruebe que la contaminación ambiental sea la responsable de enfermedades pulmonares en Sogamoso, a las autoridades de esa ciudad les preocupa que la principal causa de muerte sea el cáncer pulmonar; en el 2005 murieron 42 personas por esta enfermedad (Rodríguez, 2006)²³.

En el Valle del Cauca ha sido una práctica común la quema de la caña de azúcar. Por consiguiente, quemar la caña de azúcar antes de la cosecha facilita la tarea de cortar generando un aumento del 100% en la productividad de los corteros. Éste es uno de los principales motivos por los cuales dicha actividad es tan popular y tan practicada. Diferentes estudios han demostrado la relación entre las quemas de caña realizadas en la región y las enfermedades pulmonares de su población; específicamente, el estudio de Dávalos, 2007, identificó que la población de Palmira, localizada en el Valle del Cauca, se está viendo afectada por la contaminación del aire causada por la quema de la caña de azúcar lo cual se refleja en las numerosas consultas médicas efectuadas por infecciones respiratorias agudas – IRA²⁴.

Debido a estos casos presentados, entre otros; existe un interés creciente relacionado con la problemática y degradación ambiental que genera la contaminación atmosférica; esta preocupación ha tomado fuerza en los últimos años debido al incremento de los efectos que se han causado a la salud de las personas y al ambiente, más aún cuando es conocido que las pérdidas causadas anualmente en el país por la contaminación local del aire ascienden a 5,700 billones de pesos. Cerca de 5,000 muertes prematuras y casi 65,000 años de vida ajustados según discapacidad (AVAD) son atribuibles a la contaminación del aire en las ciudades colombianas²⁵.

No obstante, durante el año 2007, se realizó un diagnóstico de ocho redes de calidad del aire ubicadas en los centros urbanos de Bogotá, Sabana de Bogotá, Barranquilla, Cali, Medellín y su área metropolitana, Bucaramanga, Pereira y el corredor industrial del Valle del Sogamoso. El estudio incluyó la caracterización de más de 200 muestras de material particulado recolectadas en estas zonas, encontrando por una parte falencias en la información relacionada con los inventarios de fuentes de emisión y por otro lado, la importancia que tiene el tipo y la calidad de los combustibles utilizados en los centros urbanos, así como el estado de las vías en la generación y resuspensión de material particulado (MAVDT, 2010a)²⁶. Demostrando así, que el material particulado (MP) es el contaminante que más deteriora la calidad del aire al sobrepasar los límites permisibles

²³ UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA. Antecedentes históricos de la contaminación atmosférica. [Citado 29, Septiembre, 2015]. Disponible en: http://datateca.unad.edu.co/contenidos/358007/Contenido_en_linea_Caraterizacion/leccin_1_antecedentes_historicos_de_la_contaminacion_atmosfrica.html

²⁴ *Ibíd.*, p. 1.

²⁵ MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE [online]. Diagnostico Nacional de Salud Ambiental. Colombia: Fundacion Cardiovascular de Colombia, 2012. p.94. [Citado 14, octubre, 2015]. Disponible en: <https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/INEC/IGUB/Diagnostico%20de%20salud%20Ambiental%20compilado.pdf>

²⁶ *Ibíd.*, p. 95.

establecidos en la normativa para la mayoría de redes de monitoreo que miden este contaminante.

Si bien es cierto, la incidencia de enfermedades respiratorias y cardiovasculares ha aumentado en Colombia y en el mundo. La contaminación del aire se cree que sea uno de los principales causantes en la actualidad de dichos incrementos, en especial en las grandes urbes colombianas, así las cosas, las condiciones de vida de los ciudadanos de estos centros urbanos se han visto deterioradas, y a su vez se han elevado los costos de atención en la salud pública²⁷.

2.2.3 Origen y evolución histórica de los efectos en salud relacionados con la contaminación del aire a nivel regional. La corporación Autónoma Regional de la Frontera Nororiental - CORPONOR, En el marco de la Política de Prevención y Control de la Contaminación del Aire, realiza la Gestión coordinada, para combatir la problemática actual en áreas urbanas o afectadas por emisiones contaminantes de fuentes fijas y móviles, promoviendo un progreso constante hacia el cumplimiento de los niveles aceptables de calidad del aire²⁸.

En éste ámbito, la corporación en este momento cuenta con una Red de Monitoreo de la Calidad del Aire en la ciudad de Cúcuta y el municipio de Ocaña; en las que se obtiene resultados por medio de toma de muestras de Material Particulado PM10 y PM2.5.

En la ciudad de Cúcuta, se han definido tres estaciones en las que se monitorean material particulado menor a diez micras en zonas estratégicas receptoras de las fuentes de emisión, donde hay mayor concentración del sector industrial y gran afluencia vehicular. Durante el periodo de análisis 2007-2010, se observó en los registros una superación en los límites permisibles; por su parte los promedios anuales de las estaciones del sistema de vigilancia de calidad del aire SVCA de la ciudad de Cúcuta durante los años 2008-2010 muestran que los niveles de contaminación por PM10 aumentaron desde el año 2008.

Así mismo, de acuerdo con la población establecida por el DANE para el municipio de Ocaña de 96.000 habitantes, se encuentra en funcionamiento una Red de Vigilancia de la Calidad del Aire, para evaluar el nivel de los contaminantes en el aire. El contaminante crítico a medir es el Material Particulado menor a 10 micras (PM10).

Pese a que existen redes de monitoreo para mediciones de material particulado, en Norte de Santander no se han llevado a cabo estudios epidemiológicos en cuanto a asociación de material particulado PM10 con efectos en salud; específicamente enfermedades de tipo

²⁷ RODRÍGUEZ-PATARROYO, Mariana del Pilar. Evaluación de la norma colombiana de calidad del aire para exposición breve de material particulado de 10 micrómetros (PM10) bajo evidencia científica médica. Trabajo de grado para optar al título de Bióloga. Bogotá D.C.: Pontificia Universidad Javeriana. Facultad de Ciencias, 2012.

²⁸ CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE LA FRONTERA NORORIENTAL- CORPONOR. Plan de acción 2012 – 2015. P.102. [citado 24, octubre, 2015] Disponible en Internet: < http://ocana%20nortedesantander.gov.co/acuerdo_plan_de_desarrollo_2012_2015_oca_a_participativa_y_confiable_2.pdf >

respiratorio, pues hasta el momento se están comenzado a ejecutar, con el fin de conocer la incidencia en la salud de la población.

2.2.4 Origen y evolución histórica de los efectos en salud relacionados con la contaminación del aire a nivel local. La ciudad de Ocaña, con una población, que oscila entre los 90.3037 habitantes (Secretaria de Planeación, 2012), cada vez más se va incrementando el índice de movilidad de vehículos automotores, que como bien se sabe, estos son uno de las principales fuentes de contaminación atmosférica en esta región. En este sentido, y con el fin de contribuir a los procesos de investigación y a los aportes a la ciudadanía ocañera, el 6 de noviembre de 2013 El Director de la Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña, Magíster Édgar Antonio Sánchez Ortiz y el Director de la Corporación Autónoma Regional de la Frontera Nororiental – CORPONOR el Doctor Luís Lizcano Contreras firman el convenio de cooperación, con el fin de empezar a ser estudios más precisos sobre la contaminación atmosférica. Determinando así, instalar estaciones de monitoreo de material particulado igual o inferior a 10 micrómetros (μm), en la zona centro (Escuela de Bellas Artes UFPSO), Avenida Francisco Fernández de Contreras (Sede UFPSO) y el Barrio Santa Clara. Debido a que estos sitios son los puntos que más tráfico vehicular (fuente móvil) describen en la respectiva zona urbana del Municipio de Ocaña²⁹.

Durante el periodo de análisis del año 2015, la estación ubicada en el barrio Santa Clara; según los datos arrojados el 55,55% de los días monitoreados estuvo por encima de lo exigido por la Normatividad Ambiental Colombiana (Promedio anual), evidenciando que la contaminación del aire por material particulado está afectando negativamente la calidad del aire en este sector.

De igual manera, en el municipio de Ocaña (Norte de Santander) no se han llevado a cabo estudios epidemiológicos en cuanto a asociación de material particulado PM10 con efectos en salud, pues hasta el momento se están comenzado a ejecutar, con el fin de conocer la incidencia en la salud de la población.

2.3 MARCO CONTEXTUAL.

El municipio de Ocaña se encuentra en el departamento de Norte de Santander, sobre la cordillera oriental a 203 Kilómetros de distancia por vía terrestre de la capital (Cúcuta). Es la segunda ciudad del Departamento de Norte de Santander con 90.037 habitantes (Censo 2005) de los cuales el 87% vive en el área urbana y el 13% en el área rural. Del total de la población de Ocaña el 51% son mujeres y el 49% son hombres. Su altura sobre el nivel del mar es de 1.202 m; la superficie del municipio es 463Km², los cuales representan el 2,2% del departamento y su temperatura promedio es de 22° C³⁰.

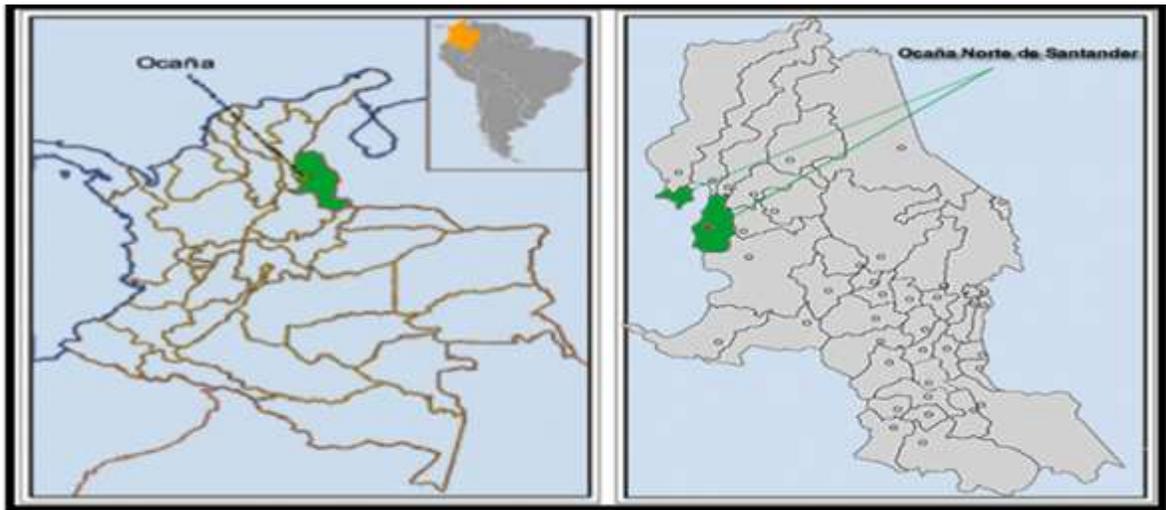
²⁹ LÓPEZ SANTIAGO, Lina Fernanda y BECERRA, Yan Carlos. Informe de la Concentración de Material Particulado PM10 en la Zona Urbana del Municipio de Ocaña, 2015. [citado 29, Septiembre, 2015]. Disponible en: https://ufpso.edu.co/ftp/pdf/otros_documentos/informe_de_material_particulado_diciembre_-_junio_115810_1594.pdf

³⁰ ALCALDIA DE OCAÑA. Informe general del municipio de Ocaña. [en línea]. Disponible en Internet: <URL: http://ocana-nortedesantander.gov.co/apc-aa_files/38343339653963383637363461323363/INFORME_GENERAL_DEL_MUNICIPIO.pdf>.p.3. [citado 11 Oct. 2015]

El municipio es el centro comercial y cultural de la Provincia que lleva su mismo nombre y limita con los municipios de San Calixto, La Playa, Abrego, Teorema, Convención, El Carmen, González, Río de Oro y San Martín³¹.

A continuación, se muestran dos mapas de la ubicación del municipio de Ocaña con respecto al país y al departamento:

Figura 1. Ubicación Geográfica del municipio de Ocaña en el país y en el departamento Norte de Santander.



Fuente. Alcaldía de Ocaña - Norte de Santander

La ocupación del área urbana está de la siguiente manera (ver Tabla 1).

Tabla 1. Áreas por Comuna

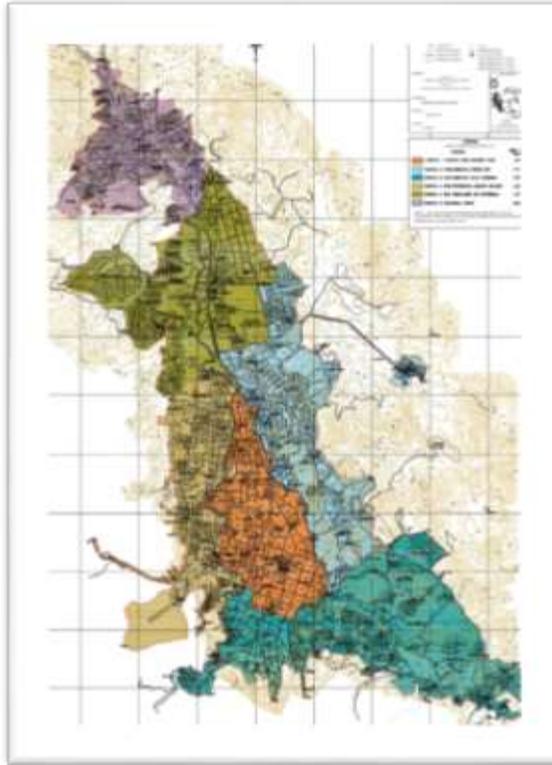
Comuna	Áreas (Km2)
1	1,07
2	1,51
3	2,63
4	1,07
5	1,14
6	0,80
TOTAL	8,24

Fuente. Equipo técnico Revisión y Ajuste PBOT 2005. Alcaldía de Ocaña - Norte de Santander

³¹ PLAN DE DESARROLLO MUNICIPAL OCAÑA 2008-2011. Generalidades físicas del Municipio. [en línea]. s.f. p. 18. [citado 11 Oct. 2015]. Disponible en Internet: <URL: http://www.ocana-nortedesantander.gov.co/apc-aa-files/38656632356330656332656230383763/ACUERDO_PD_OCA_A_20.pdf>

El casco urbano del Municipio de Ocaña se encuentra, dividido específicamente en seis (6) comunas, ocupando un área total actualizada de 8.24 km², de las cuales la comuna 6 Ciudadela Norte cuenta con un área de 0,80 km² del total de área del Municipio.

Figura 2. Mapa con la División Política (Comunas) de Ocaña. (En morado, Sector norte de Ocaña; comuna 6 Ciudadela Norte).



Fuente. Alcaldía de Ocaña - Norte de Santander

2.3.1 Demografía³². La población de Ocaña es principalmente urbana con un 89.5% (85.233 habitantes), y el 10,5% (9.957 habitantes) reside en la zona rural, para un total de 95.190 habitantes, según las proyecciones del DANE. En términos de habitabilidad, las estadísticas indican que el número de personas por hogar en Ocaña es de 3,9 (DANE2005), un 68,2% de estos hogares está compuesto por 4 o menos personas (DANE 2005), y el 32,6% de la población de Ocaña nació en otro municipio (DANE 2005).

Tabla 2. Población Municipio de Ocaña por grupos de edad, Ocaña 2011.

Ocaña	2011	
	Hombres	Mujeres
0 a 4 años	4.558	4.381
5 a 9 años	4.940	4.681

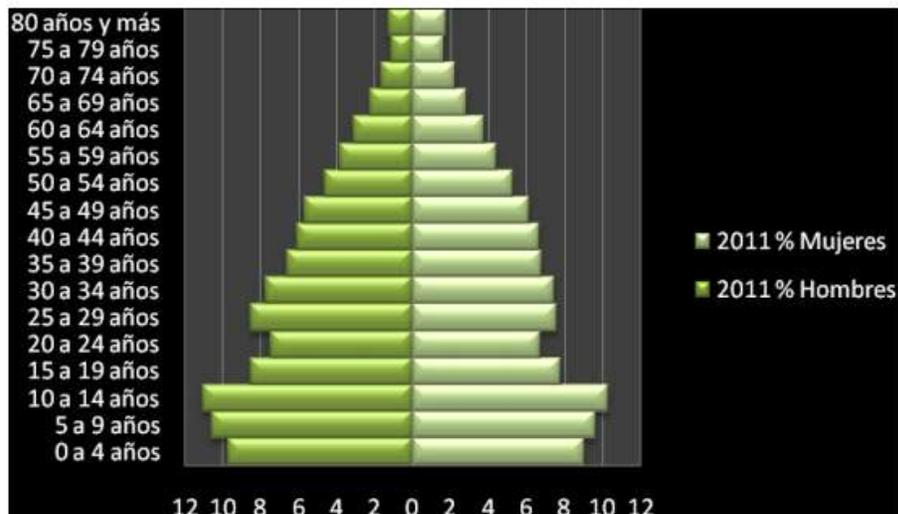
³² PLAN DE DESARROLLO 2012-2015. Op. cit., p. 26.

10 a 14 años	5.158	4.978
15 a 19 años	3.979	3.758
20 a 24 años	3.491	3.259
25 a 29 años	3.987	3.669
30 a 34 años	3.627	3.603
35 a 39 años	3.101	3.303
40 a 44 años	2.866	3.235
45 a 49 años	2.653	2.984
50 a 54 años	2.156	2.559
55 a 59 años	1.807	2.133
60 a 64 años	1.460	1.809
65 a 69 años	1.051	1.370
70 a 74 años	773	1.083
75 a 79 años	530	798
80 años y más	601	849
Subtotal	46.738	48.452
Total	95.190	

Fuente. Censo Nacional de Población DANE “Proyección 2012”

Así mismo, la Población del Municipio de Ocaña por grupos de edad, se encuentra distribuida de la siguiente manera:

Figura 3. Pirámide poblacional, Ocaña 2011.



Fuente. Censo Nacional de Población DANE “Proyección 2012”

La pirámide poblacional del municipio, al igual que el comportamiento de las del nivel departamental, es de base amplia y ápice agudo, lo cual indica el alto porcentaje de menores entre 10 y 14 años y el menor grupo corresponde a los adultos mayores de 75 años³³.

2.3.2 Problemáticas del desarrollo municipal. Se evidencia la gran problemática que amenaza seriamente el desarrollo del municipio: “EL ALTO NIVEL DE DESIGUALDAD, INEQUIDAD Y EXCLUSIÓN EN LOS DIFERENTES SECTORES DE LA POBLACIÓN OCAÑERA”. Problema que se evidencia cuando se observan algunos indicadores de pobreza, tales como el nivel de necesidades básicas insatisfechas NBI y su contraste con la información de potenciales beneficiarios de los programas sociales SISBEN³⁴.

La Constitución considera que el NBI es el punto de referencia para juzgar el estado de pobreza. El indicador solo verifica el comportamiento de los hogares en el tiempo a través de: i) Hacinamiento crítico de los hogares: Hogares con viviendas donde el número de personas por cuarto es superior a tres. Se consideran cuartos la sala, el comedor y los dormitorios. No son cuartos la cocina, los baños y el garaje. ii) viviendas con materiales inadecuados. iii) abastecimiento inadecuado de agua y carencia o deficiencia de los servicios sanitarios para el desecho de excretas. iv) Inasistencia de los menores a escuelas primarias: hogares con al menos un niño pariente del jefe de hogar, en edad escolar (7 a 11 años), que no asista regularmente a la escuela. V) Hogares con alta dependencia económica³⁵. Los datos para el municipio de Ocaña indican lo siguiente:

³³ *Ibíd.*, p. 28.

³⁴ PLAN DE DESARROLLO MUNICIPAL OCAÑA 2008-2011. *Op. cit.*, p. 22.

³⁵ *Ibíd.*, p. 22.

2.3.2.1 Pobreza. Existe un elevado nivel de pobreza en el municipio, gran parte de la población carece de ingresos suficientes y aun cuando se toma en cuenta solo las NBI, su valor está casi 10 puntos porcentuales por encima del promedio nacional 17,7% (2009); el Índice de Necesidades Básicas Insatisfechas total es de 26,00%, ubicados así, en la Cabecera 21,40% y en la zona rural 57,54% (2010); la proporción de población bajo la línea de pobreza 76% (2010); la proporción de población bajo la línea de indigencia 0,02% (2010). (Reporte de Familias Red Unidos para Consejo de Política Social 26/01/2012)³⁶. Esto quiere decir que, en cuanto a los niveles de pobreza, el municipio de Ocaña ha mejorado.

2.3.2.2 Prestación y garantía de servicios de salud. El porcentaje de población afiliada al régimen subsidiado en salud es de 65,1% (Ministerio de Salud y Protección Social DIC-2011); porcentaje muy alto que evidencia problemas de falta de empleo y de formalización de muchos de los puestos de trabajo que hay; comparativamente se refleja lo anterior con el porcentaje de población afiliada al régimen contributivo en salud que es de 38,2% equivalente a treinta y cinco mil setecientos setenta y dos (35.772) personas en total, de las cuales 18.759 son Mujeres y diecisiete mil tres (17.013) son Hombres. (Ministerio de Salud y Protección Social Dic-2011)³⁷.

En cuanto al Sistema de Identificación de los Beneficiarios de los programas sociales SISBEN, instrumento que ha sido utilizado para seleccionar “a los pobres entre los pobres” como objeto de las políticas sociales del Estado, tenemos los siguientes datos³⁸:

Tabla 3. Personas registradas en el Sisben 2011.

NIVEL SISBEN	NUMERO DE PERSONAS	%
I	44.964	58,3
II	10.773	14,0
III	21.330	27,7
TOTAL	77.070	100,0

Fuente. SISBEN. Noviembre de 2011

Actualmente se encuentran registradas en la base de datos del SISBEN setenta y siete mil setenta (77.070) personas, cifra poco significativa para la población que soporta el municipio realmente³⁹.

Todo lo anterior demuestra los grandes desequilibrios sociales que aún hoy nos revelan la profunda desigualdad e inequidad a la que estamos enfrentados, pero además de ello es evidente que hemos ido profundizando una cultura de la exclusión con estos sectores de

³⁶ PLAN DE DESARROLLO 2012-2015. Op. cit., p. 56.

³⁷ *Ibid.*, p. 51.

³⁸ PLAN DE DESARROLLO MUNICIPAL OCAÑA 2008-2011. Op. cit., p. 23.

³⁹ PLAN DE DESARROLLO 2012-2015. Op. cit., p. 51.

población, que por su condición, no tienen acceso a los principales derechos que hoy la humanidad ha enarbolado como fundamentales⁴⁰.

2.3.2.3 Víctimas de desplazamiento forzado por la violencia. La población víctima de desplazamiento representa el 12,44% -11.843 a julio de 2011 (SIPOD Unidad de Atención y Orientación a la población en situación de Desplazamiento)- de los habitantes de Ocaña, siendo el segundo municipio receptor de población víctima de desplazamiento en el Departamento, y como centro poblado expulsor reporta 4.777 personas correspondientes 1.205 familias. En los últimos 15 años, Ocaña viene recibiendo personas víctimas de desplazamiento no solamente de la provincia sino también desde los departamentos del sur del César y Bolívar, agravando más la situación social del municipio.

Las 11.843 personas reportadas en la UAO se encuentran distribuidas en 2.586 familias víctimas de desplazamiento. Estas llegan a la ciudad y ocupan zonas que no tienen la infraestructura necesaria tanto de vivienda como de servicios públicos, ocasionando un riesgo que junto con otras amenazas aumenta la vulnerabilidad de estos conglomerados sociales. Gran parte de la población víctima de desplazamiento se ubica en asentamientos ilegales de hecho, los cuales se caracterizan por tener riesgos adicionales de erosión, acumulación de residuos sólidos, deslizamientos, etc. La proliferación de estos asentamientos humanos en zonas inadecuadas para la construcción de viviendas y servicios, origina desorden en la planeación e inadecuado crecimiento de la ciudad.

Esta migración campesina genera cambios bruscos en la calidad de vida de los campesinos desplazados. (Análisis de la situación en salud vigencia 2010 - alcaldía municipal de Ocaña - Conpes 140-2010).

2.3.2.4 Garantía de servicios de tránsito y movilidad. El transporte informal es una de los principales problemas que tiene el municipio de Ocaña, lo que se traduce en un detrimento patrimonial del sector transportador formal organizado, el municipio a diciembre de 2011 contaba con tres mil seiscientos (3.600) mototaxistas según información de la Asociación de Trabajadores Independientes ATI del Municipio de Ocaña⁴¹.

Según el Plan Maestro de Movilidad el actual sistema de rutas es un sistema radial, compuesto por catorce (14) rutas que van desde La Ondina hasta la Universidad Francisco de Paula Santander y el Batallón. Cada ruta inicia en el sector de La Ondina, donde están ubicados los puntos de despacho, recorren la ciudad de norte a sur, llegan al centro donde descargan e inician el viaje del centro hacia el sur de la ciudad⁴².

El estado actual de las vías municipales, presenta un avanzado deterioro, para mejorarlo, se hace necesario poner en marcha un plan de contingencia, que permita reconstruir la malla

⁴⁰ PLAN DE DESARROLLO MUNICIPAL OCAÑA 2008-2011. Op. cit., p. 23.

⁴¹ PLAN DE DESARROLLO 2012-2015. Op. cit., p. 40.

⁴² *Ibíd.*, p. 41.

vial municipal. Según datos de Secretaria de Vías, Infraestructura y Vivienda, el municipio de Ocaña tiene 25.23Km de vías construidas en el sector urbano y en el sector rural se abrieron 8 Km de vías. El 37% de las vías urbanas del municipio se encuentran en estado regular y malo⁴³.

Este problema ha venido empeorando con el excesivo tránsito de vehículos pesados, el aumento de los asentamientos humanos en zonas de alto riesgo y la falta de cultura ciudadana. A esto se suma el contrabando de combustibles que afecta notablemente el recaudo de recursos por sobre tasa a la gasolina, recursos que deben ser destinados a la construcción y recuperación de vías⁴⁴.

Alta congestión y dificultad para la movilidad. La movilidad vehicular y peatonal en la ciudad se ve altamente congestionada especialmente en el centro de la ciudad, el dulce nombre, el mercado público, las calles 10 y 11, entre otras. Los vehículos y las personas no fluyen normalmente, se presentan continuos taponamientos vehiculares y las personas tienen que bajarse de los andenes y evadir una serie de obstáculos que impiden su normal movilidad. Lo anteriormente expuesto, trae consigo una serie de consecuencias de tipo social que naturalmente afecta la calidad de vida de nuestra población al verse expuesto a accidentes, disgustos, discusiones, conflictos interpersonales y por la contaminación auditiva y ambiental producto del intenso ruido vehicular y de los gases expulsados por estos. Finalmente, la administración municipal deja de recibir impuestos de industria y comercio producto del incremento de la economía informal y el subempleo⁴⁵.

2.3.3 Comuna 6. Ciudadela Norte. Se encuentra ubicada en el extremo norte del municipio del municipio de Ocaña, Norte de Santander. Consta de los siguientes barrios: Santa Clara, Bermejál, Urbanización Colinas de La Florida, El Líbano, La Gloria, Dos de Octubre, Villa Paraíso, La Perla, y Altos del Norte. E igualmente se encuentran los sectores de: Villa mar, La ondina, Los Cristales y Sauces Primera y segunda etapa y demás proyectos urbanísticos⁴⁶.

Sitios Connotados: Parque Galán, Acueducto independiente ADAMIUAIN, Terminal de Buses Urbanos y demás.

Se encuentra ubicada dentro de los siguientes límites: parte desde el borde del río Tejo, bajando por el sector de La gloria delimitando el área del proyecto la Riviera, sube por todo el borde del perímetro hasta llegar al límite del proyecto de vivienda Los sauces, pasando por los barrios José Antonio Galán, Altos del Norte, la Ondina, luego se cruza por la vía que conduce al Municipio de Convención, bordeando el perímetro hasta llegar al sector de la Perla, donde cruza y baja al sector de los Cristales, baja por el barrio Villa Paraíso hasta el punto de inicio, en el sector de las Ferias⁴⁷.

⁴³ *Ibíd.*, p. 41.

⁴⁴ PLAN DE DESARROLLO MUNICIPAL OCAÑA 2008-2011. *Op. cit.*, p. 35.

⁴⁵ *Ibíd.*, p. 37.

⁴⁶ PLAN DE DESARROLLO MUNICIPAL OCAÑA 2008-2011. *Op. cit.*, p. 19.

⁴⁷ CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE LA FRONTERA NORORIENTAL- CORPONOR. Suelo Urbano. s.f. Disponible en Internet: <URL:

La comuna 6-Ciudadela Norte, viene presentando problemas de carácter social; debido a que en la zona norte del municipio se ha venido asentando población proveniente del Catatumbo, Sur del Cesar y de Bolívar, allí fueron invadiendo terrenos y conformando asentamientos subnormales en barrios como La Perla, Los Cristales, Galán, Colinas de la Florida, Bermejál, Altos De Norte, Colinas de la Esperanza. Igualmente se estableció población víctima de desplazamiento procedente de las áreas urbana y rural de los municipios de San Calixto, Teorama, Convención, El Carmen, Hacarí, El Tarra y Tibú, así como de los corregimientos ubicados al Norte del Municipio de Ocaña⁴⁸.

Figura 4. Mapa del sector Ciudadela Norte del municipio de Ocaña. (Norte de Santander).



Fuente. Google Earth

2.4 MARCO CONCEPTUAL.

Para el desarrollo de la investigación se establecen conceptos y relaciones, como fundamento del mismo, en lo que respecta a Contaminación del aire que según Macas V, (2011) en su proyecto de grado la define como “la alteración de la atmósfera terrestre por la adición de gases, partículas sólidas o líquidas en suspensión en proporciones distintas a las naturales que pueden poner en peligro la salud del hombre y la salud y bienestar de las plantas y animales, pueden atacar a distintos materiales, reducir la visibilidad o producir olores desagradables” la cual proviene de una mezcla de miles de fuentes de emisión que conforme a lo establecido en el Decreto 948/1995⁴⁹; las fuentes de emisión “hacen referencia a toda actividad, proceso u operación, realizado por los seres humanos, o con su intervención,

<http://www.corponor.gov.co/pot/Ocana/Proyecto%20de%20Acuerdo/Ocana%20Proyecto%20de%20Acuerdo%20Tomo%202.pdf>. p. 4. [citado 11 Oct. 2015]

⁴⁸ PLAN DE DESARROLLO 2012-2015. Op. cit., p. 36.

⁴⁹ COLOMBIA. CONGRESO DE LA REPUBLICA. DECRETO 948 DE 1995 (junio 5). Por el cual se decreta el reglamento de protección y control de la calidad del aire. Diario Oficial. Bogotá D.C., 05/06/1995. No. 41876.

susceptible de emitir contaminantes al aire”. Entre las fuentes principales de emisión de PM10 se encuentran los procesos de combustión, como son las emisiones de vehículos que utilizan diésel, la erosión, los caminos sin pavimentación y las quemas agrícolas; donde el incremento de vehículos automotores es la fuente identificada más importante de emisión en la zona de estudio objeto de investigación. Por lo cual conocer estos términos es de gran utilidad para determinar la forma como está siendo afectada la calidad del aire; que según las Directrices de la OMS sobre la Calidad del Aire⁵⁰ ofrecen una evaluación de los efectos sanitarios derivados de la contaminación del aire, así como de los niveles de contaminación perjudiciales para la salud, específicamente determinar los niveles de concentración por material particulado en el aire; el cual tiene que ver con el tamaño de la partícula y se calcula como la masa recolectada dividida por el volumen de aire muestreado⁵¹, Las unidades normalmente usadas son g/m³, mg/m³ y µg/m³.

Determinar los niveles de concentración por material particulado en el aire es posible gracias a los equipos de muestreo en cada una de las estaciones; establecidas en cada uno de los puntos críticos del municipio, donde opera la red de monitoreo de la calidad del aire, que de acuerdo con el Ministerio de Salud y Protección Social y la Organización Panamericana de la Salud⁵² la definen como un “Conjunto de personas, organizaciones, instituciones y equipos de medición de contaminantes del aire, instalados sistemáticamente para realizar vigilancia de la calidad del aire en un territorio”.

Otro término relevante y que hace parte de la investigación, son los estudios epidemiológicos los cuales relacionan altos niveles de concentración de material particulado en el aire con efectos adversos en la salud humana, como mortalidad y morbilidad por infecciones respiratorias agudas que según la OPS/OMS Colombia las define como “ un conjunto de enfermedades que afectan el sistema respiratorio y se constituyen en la causa más frecuente de morbilidad y mortalidad en niños y niñas menores de 5 años” ; estas pueden comprometer y afectar tanto las vías aéreas superiores e inferiores del sistema respiratorio, desencadenando así en problemas de salud pública que según la World Medical Association se entiende como “el cuidado y la promoción de la salud aplicados a una población o a un grupo preciso de la población”.

Por lo tanto, a través de estudios epidemiológicos se desea conocer la frecuencia con la que ocurre un evento o estimar la asociación entre un factor de riesgo y una enfermedad y así realizar una evaluación del impacto en la salud, La OMS define la evaluación del impacto en la salud (EIS) como una combinación de procedimientos, métodos y herramientas a través de las cuales se puede juzgar una política, programa o proyecto en relación con sus efectos potenciales sobre la salud de la población y la distribución de tales efectos.

⁵⁰ ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD. Calidad del aire (exterior) y salud. [en línea]. s.f. Disponible en Internet: <URL<http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs313/es/>>. [citado 3 Nov. 2015]

⁵¹ ARCINIÉGAS SUÁREZ. Op. cit., p. 202.

⁵² MINISTERIO DE SALUD Y PROTECCIÓN SOCIAL ORGANIZACIÓN PANAMERICANA DE LA SALUD. Protocolo para la vigilancia sanitaria y ambiental de los efectos en salud relacionados con la contaminación del aire en Colombia [online]. 2012. p. 19. [Citado 8, octubre, 2015]. Disponible en: <https://www.minsalud.gov.co/Paginas/Las-respuestas-de-MinSalud-para-enfrentar-la-contaminaci%C3%B3n-atmosf%C3%A9rica.aspx>

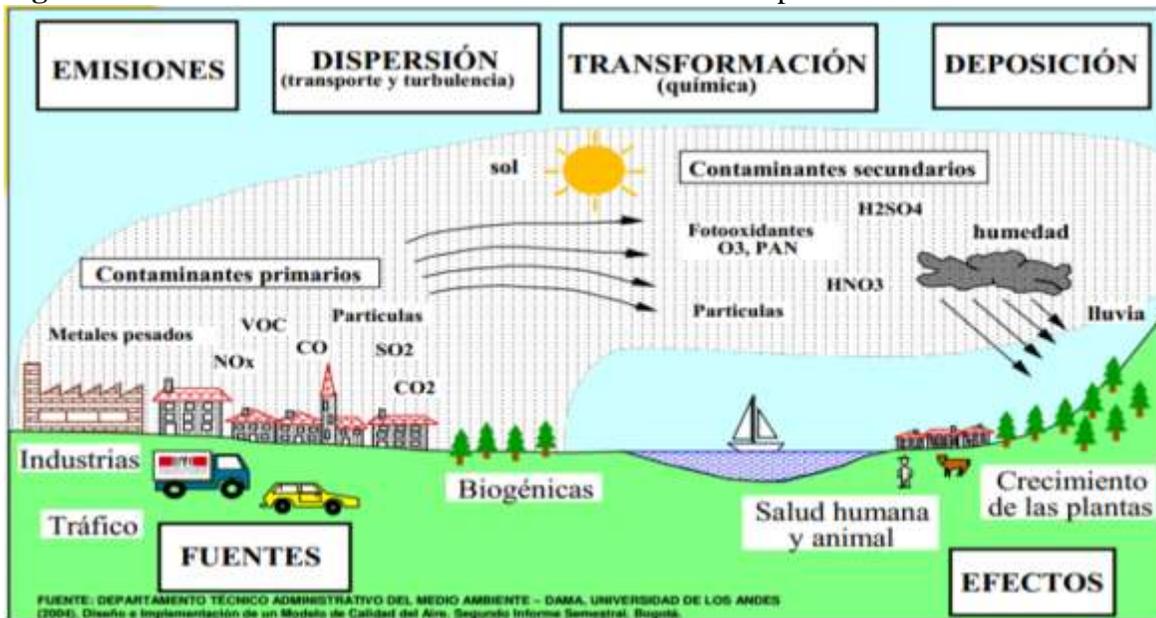
2.5 MARCO TEÓRICO.

Como señala Herbert Lund:

La contaminación del aire puede definirse como la mezcla de uno o más contaminantes sólidos, líquidos o gaseosos que han sido arrojados al aire por la naturaleza y/o por el hombre en tales cantidades y durante tanto tiempo que la mezcla puede ser perjudicial para la vida humana, animal o vegetal, para las cosas y para el bienestar en general⁵³. Se produce cuando las partículas de la atmósfera entran en contacto con gases tóxicos, afectando negativamente la calidad del aire.

Estos contaminantes cada año son liberados a la atmósfera procedentes de fuentes industriales, emisiones vehiculares, actividades volcánicas o los incendios forestales; convirtiéndose en los principales factores de riesgo para la salud de las personas, llegando a producir enfermedades crónicas y otros trastornos; siendo uno de los principales problemas de mayor preocupación a los que se enfrenta la sociedad actualmente. Al considerar los efectos, se debe considerar el tiempo de exposición, se hace imprescindible entender la dinámica y dispersión de los contaminantes. El grado de contaminación depende de factores meteorológicos (temperatura, precipitación, vientos) que influyen en la dispersión de los contaminantes en el aire. Los contaminantes atmosféricos están sometidos a tres procesos: emisión, transmisión e inmisión, figura 5.

Figura 5. Dinámica de la contaminación: Emisiones – Transporte – Inmisión.



Fuente. Departamento técnico administrativo del medio ambiente – dama, universidad de los andes (2004).

⁵³ LUND, Herbert F. Manual para el control de la contaminación industrial. citado por CHILUISA TITUAÑA CARINA ESTEFANÍA. “La Contaminación Lumínica en la zona de la Mariscal Sucre de la ciudad de Quito y su falta de normativa jurídica”. Quito, 2014. p. 38.

La cantidad de cada contaminante vertida a la atmósfera en un periodo de tiempo determinado se conoce como nivel de emisión. Los contaminantes emitidos pueden dispersarse por la atmósfera, transformarse en otros contaminantes secundarios, depositarse o ser absorbidos por los seres vivos⁵⁴. Ejemplo de fuentes de emisión son chimeneas o escapes de vehículos, volcanes.

La transmisión describe la distribución y las posibles transformaciones químicas (formación de los llamados contaminantes secundarios) del contaminante en la atmósfera. Bajo el término inmisión se entiende la cantidad o concentración del contaminante que es recibido por un receptor y por ende es registrado también por cualquier equipo de medición de contaminación atmosférica. Receptores son los seres humanos, las plantas, los animales, pero también edificios y otros bienes materiales⁵⁵.

La dispersión de los contaminantes reduce los niveles de inmisión. Si el nivel de emisión es muy alto o si existen factores que dificulten la dispersión de los contaminantes aumentan los niveles de inmisión, disminuye la calidad del aire y se originan efectos negativos en los distintos receptores (el hombre, otros animales, vegetales y materiales). Los niveles de inmisión admisibles vienen determinados por la legislación vigente⁵⁶.

Entre los factores que pueden afectar o favorecer la dispersión de los contaminantes, se encuentran⁵⁷:

- La naturaleza del contaminante: las partículas se depositan con mayor facilidad que los gases.
- La variación de la temperatura con la altura: cuando el aire tiene posibilidad de ascender, al disminuir la presión, se expande y, por lo tanto, disminuye su concentración; este es el mecanismo básico de dispersión de los contaminantes. Las situaciones de inversión térmica (una masa de aire cálido se instala sobre otra más fría) impiden el ascenso y dispersión de los contaminantes.
- La velocidad del viento: cuanto mayor sea, mayor es la capacidad de dispersar los contaminantes.
- Las precipitaciones arrastran parte de los contaminantes hacia el suelo.
- La dirección del viento determina la dirección en la que se van a desplazar los contaminantes.
- La situación geográfica y el relieve: la situación de los relieves en relación con los vientos dominantes puede dificultar la dispersión. Las zonas industriales y urbanas situadas en depresiones son especialmente proclives a inversiones térmicas.

⁵⁴ RECURSOS DE BIOLOGÍA Y GEOLOGÍA. La Contaminación atmosférica. (s.f). [Citado 05, octubre, 2015]. Disponible en: http://www.bioygeo.info/pdf/04_Contaminacion_Atmosferica.pdf

⁵⁵ BLASER, Martín [online]. Dispersión de la contaminación atmosférica causada por el tráfico vehicular: ¿Qué son modelos de dispersión?. San Salvador, 2000. [Citado 05, octubre, 2015]. Disponible en: <http://www.bvsde.paho.org/bvsair/e/repindex/repindex82/experien/dispers.pdf>

⁵⁶ RECURSOS DE BIOLOGÍA Y GEOLOGÍA. La Contaminación atmosférica. Op. cit., p. 4.

⁵⁷ RECURSOS DE BIOLOGÍA Y GEOLOGÍA. La Contaminación atmosférica. Op. cit., p. 5.

- La presencia de grandes masas de vegetación puede actuar como sumidero de ciertos contaminantes y favorecer la deposición de partículas.

Para entender mejor la influencia de los aspectos meteorológicos en los contaminantes, Arias, S., et al. En su trabajo de grado hace una descripción detallada, referenciando que:

“El viento, la temperatura, la estabilidad atmosférica, la inversión térmica y las precipitaciones tienen un papel importante en el aumento o disminución de la contaminación por material particulado en la troposfera. El viento generalmente favorece la difusión de los contaminantes ya que desplaza las masas de aire en función de la presión y la temperatura y el efecto que puede causar depende fundamentalmente de los accidentes del terreno o incluso de la configuración de los edificios en las zonas urbanas. Por tanto, el viento es uno de los principales aspectos meteorológicos tenidos en cuenta para la predicción de la dispersión de los contaminantes en los estudios de calidad del aire. Al contrario del viento, la humedad juega un papel negativo en la evolución de los contaminantes ya que favorece la acumulación de humos y polvo. Por otra parte, el vapor de agua puede reaccionar con ciertos aniones aumentando la agresividad de los mismos. En cambio, las precipitaciones en forma de agua o nieve tienen un efecto de limpieza del aire, pero evidentemente los contaminantes pasan a la tierra o al agua”⁵⁸.

Para el caso de las partículas, velocidades bajas del viento sobre el área urbana de la Ciudad, incrementarán el nivel de concentración de partículas en suspensión. Así mismo, dependiendo del período de tiempo transcurrido, la dosis recibida por las personas irá aumentando (bajas concentraciones y de larga duración), la cual conduce a efectos crónicos en la salud⁵⁹.

La mayoría de las bacterias que se encuentran en la atmósfera provienen de la vegetación, el suelo y los cuerpos de agua, y en menor proporción de las actividades antropogénicas; su supervivencia y distribución están dadas por factores biológicos, meteorológicos (viento, radiación solar, temperatura y humedad relativa)⁶⁰.

En la siguiente tabla se presentan algunas características de las partículas ambientales que influyen en su permanencia en la atmósfera.

Tabla 4. Características de las partículas ambientales.

Características	Tipo de partículas		
	Ultrafinas (PM _{0.1})	Finas (≤PM _{2.5})	Gruesas (PM _{2.5} -PM ₁₀)

⁵⁸ ARIAS, Sandra Patricia y DAZA, Carlos Enrique. Propuesta Metodológica para Correlacionar la Calidad del Aire y las Enfermedades Respiratorias en un Municipio Intermedio Colombiano: Caso de Tuluá Valle del Cauca. Proyecto de Grado de Especialización en Economía Ambiental y Desarrollo Sostenible. Santiago De Cali: Universidad De San Buenaventura, 2009. 25 p.

⁵⁹ *Ibíd.*, p. 26.

⁶⁰ JIMENEZ PALLARES, Andrés A y CRUZ ORJUELA, Andrea M. Evaluación de la contaminación del aire por microorganismos oportunistas y su relación con material particulado (PM_{2.5} Y PM₁₀) en la localidad de Puente Aranda. Trabajo de grado para optar al título de Ingeniero Ambiental y Sanitario. Bogotá D.C: Universidad de la Salle, Facultad de Ingeniería Ambiental y Sanitaria, 2006. 32 p.

Solubilidad	No están bien caracterizadas	Muy solubles, higroscópicas y delicuescentes	Muy insolubles y no higroscópicas
Vida media atmosférica	Minutos a horas	Días a semanas	Minutos a horas
Proceso de remoción	-Crecen en la moda de acumulación -Se difunden en gotas de lluvia y otras superficies	- Formación de nubes y lluvia - Precipitación seca	- Precipitación seca - Eliminación por gotas de lluvia
Distancia de transporte	De menos de uno a decenas de kilómetros	De cientos a miles de kilómetros	De menos de un kilómetro a decenas (de cientos a miles de kilómetros en tormentas de arena para la fracción de tamaños pequeños)

Fuente. Environmental Protection Agency (2009).

2.5.1 Material particulado en la atmósfera. Los contaminantes atmosféricos que no están en forma de gas se denominan con el nombre genérico de partículas, ellas se forman mediante subdivisiones o roturas de fragmentos mayores de materia y/o por aglomeración de fragmentos pequeños incluyendo moléculas⁶¹.

El material particulado es una mezcla compleja de sustancias en estado líquido o sólido, que permanece suspendida en la atmósfera por periodos variables de tiempo⁶². Se origina de una gran variedad de fuentes, por sus características físicas (distribución de tamaño de partícula, morfología y densidad) y por sus características químicas (compuestos orgánicos e inorgánicos, metales y contaminantes primarios y secundarios)⁶³ que de acuerdo al tipo y magnitud marcan un importante impacto a la salud humana. Se puede clasificar de acuerdo a varios criterios: según su origen, su proceso de formación y su tamaño.

⁶¹ MATUS C, Patricia y LUCERO CH, Rodrigo. Norma Primaria de calidad del aire. En: Revista Virtual chilena de enfermedades respiratorias [online], Abril 2002, no. 2. [citado 03, octubre, 2015]. Disponible en: http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0717-73482002000200006

⁶² MEXICO. SECRETARIA DE SALUD. NORMA Oficial Mexicana NOM-025-SSA1-2014, Salud ambiental (20, agosto, 2014). Valores límites permisibles para la concentración de partículas suspendidas PM10 y PM2.5 en el aire ambiente y criterios para su evaluación. DOF - Diario Oficial de la Federación. México, D.F., 2014. 3 p.

⁶³ ANGULO, Luis, et al. Caracterización de Partículas Suspendidas (PST) y Partículas Respirables (PM 10) producidas en Áreas de Explotación Carbonífera a Cielo Abierto. En: Revista Virtual Información tecnológica [online], 2011, no. 4. [citado 05, octubre, 2015]. Disponible en: http://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0718-07642011000400004&script=sci_arttext

2.5.1.1 Origen del material particulado. Fuentes naturales de PM: algunas provienen de fuentes naturales tales como el rocío del agua de mar, partículas de polen, polvo, y partículas provenientes de erupciones volcánicas y procesos geotérmicos, así como de materiales arrastrados por los vientos derivados de la erosión del suelo. Generalmente, las partículas provenientes de fuentes naturales tienden a ser gruesas, con cortos periodos de permanencia en el aire y altas velocidades de sedimentación⁶⁴.

Fuentes antrópicas de PM: las fuentes antrópicas de contaminación atmosférica por partículas son muy variadas: incluyen procesos industriales de extracción y transformación; procesos de generación de calor a nivel industrial y doméstico; quema de combustibles fósiles, quema de residuos a campo abierto; actividades de transporte, almacenamiento y traslado de materiales; y vehículos, entre otras⁶⁵.

2.5.1.2 Tipo de fuente de emisión del material particulado. Fuentes primarias de PM: son aquellas emitidas directamente desde la fuente, se pueden encontrar: Las fuentes de área: se refiere al conjunto de fuentes distribuidas espacialmente que conforman un escenario de interés desde el punto de vista de la contaminación atmosférica ejemplo de estas fuentes son las geológicas y las quemas⁶⁶.

Las fuentes geológicas: se refieren al material particulado proveniente del polvo de los caminos y carreteras, de los procesos de construcción, de las actividades de agricultura, y del polvo arrastrado por el viento. En áreas urbanas, el principal emisor de PM geológico son los polvos de caminos y carreteras⁶⁷.

Las quemas: corresponde a las quemas a campo abierto, los incendios forestales, las quemas controladas y las quemas en la agricultura, pueden emitir cantidades importantes de material particulado⁶⁸.

Fuentes estacionarias: carecen de movilidad e incluyen, por ejemplo, los procesos de combustión ampliamente utilizados a nivel industrial por medio de los cuales se queman combustibles principalmente sólidos como el carbón, líquidos: derivados del petróleo y el gas natural. Generalmente estas emisiones se evacúan a través de ductos o chimeneas. Las operaciones de combustión pueden emitir partículas que incluyen productos de combustión incompleta con la presencia de compuestos orgánicos tóxicos y metales tóxicos⁶⁹.

⁶⁴ GARCIA LOZADA, Héctor Manuel [online]. Evaluación del riesgo por emisiones de partículas en fuentes estacionarias de combustión estudio de caso: Bogotá. Bogotá D.C.: Universidad Nacional de Colombia, 2006. [Citado 06, octubre, 2015]. Disponible en: <https://books.google.com.co/books?id=T87uEuVP84kC&pg=PA5&lpg=PA5&dq=fuentes+naturales+y+antropogenicas+de+material+particulado&source=bl&ots=W5yd4CKXo8&sig=11AKje4YNh1k4IHcfVwleU8PD8&hl=es&sa=X&ved=0CDQQ6AEwBTgKahUKEwiQpf6Tx6fIAhUJWx4KHV0EDV#v=onepage&q=fuentes%20naturales%20y%20antropogenicas%20de%20material%20particulado&f=false>

⁶⁵ *Ibíd.*, p. 5.

⁶⁶ *Ibíd.*, p. 5.

⁶⁷ *Ibíd.*, p. 6.

⁶⁸ *Ibíd.*, p. 6.

⁶⁹ *Ibíd.*, p. 6.

Fuentes móviles: pueden llegar a ser en áreas urbanas la contribución más importante a la concentración de partículas suspendidas. En general las fuentes móviles de emisión de material particulado son los vehículos utilizados en el transporte terrestre. Incluye las emisiones directas de los motores de automóviles, camiones, buses, tractomulas, etc, que utilizan básicamente como combustibles gasolina y diesel. Otra fuente de emisión, pero con menor contribución, son las partículas generadas por el desgaste de llantas y frenos. En cuanto al material particulado, habría que mencionar que la fracción respirable (tamaño de partícula menor que 10 micrones) proviene en un 70% de motores diesel. Estas partículas son especialmente dañinas porque pueden penetrar al sistema respiratorio y están asociadas a sustancias tales como plomo, sulfatos o hidrocarburos que son comprobadamente perjudiciales para el ser humano⁷⁰.

Fuentes secundarias de PM: son aquellas partículas liberadas que al llegar a la atmósfera se forman o se modifican producto de una reacción química.

2.5.1.3 Tamaño del material particulado. Debido a la gran variedad de formas que puede tomar una partícula, se utiliza el diámetro aerodinámico como indicador de su tamaño; el cual es determinante para la probabilidad de afección a las vías respiratorias. Hinds define el diámetro aerodinámico como:

“El diámetro de una esfera de densidad 1 g/cm³ con la misma velocidad de depositación que la partícula real debido a fuerzas gravitacionales en aire estable, bajo las mismas condiciones de presión, temperatura y humedad relativa”⁷¹. Por medio de este concepto se puede describir el comportamiento de las partículas en la atmósfera y la capacidad de penetrar en el tracto respiratorio.

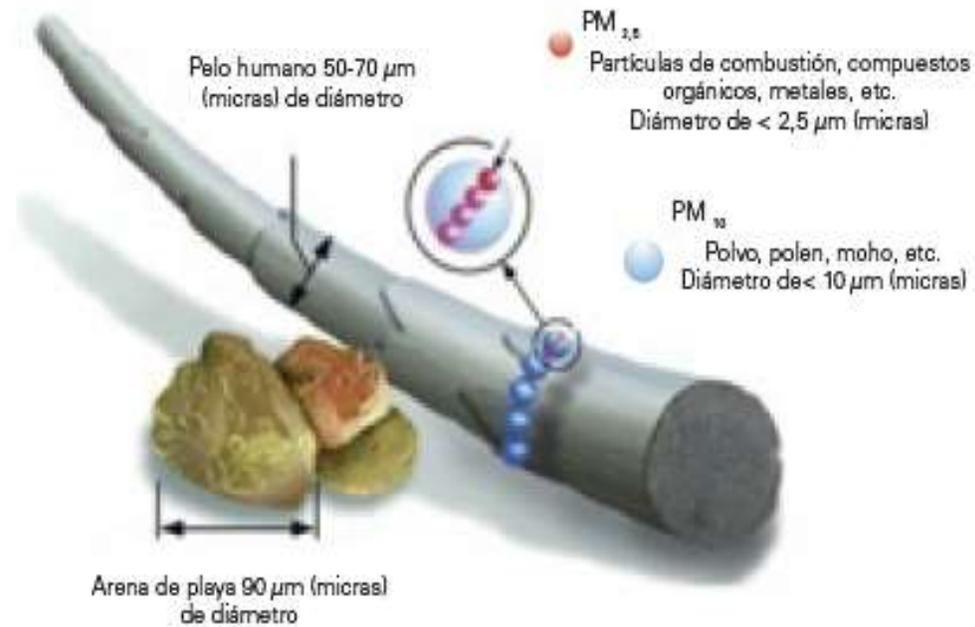
De acuerdo con su diámetro aerodinámico, éstas pueden clasificarse en menores o iguales a 10 micras (PM10), en menores o iguales a 2.5 micras (PM2.5) y menores o iguales a 0.1 micras (PM0.1). El tamaño es un parámetro importante para caracterizar su comportamiento en la atmósfera y por ende, la concentración a la que puede estar expuesta la población; también determina la capacidad de penetración y retención en diversas regiones de las vías respiratorias⁷². Es decir que entre más pequeño sea su diámetro aerodinámico tendrá mayor capacidad de penetrar aquellas áreas más profundas del sistema respiratorio. Además, dependiendo el tamaño de las partículas toma relevancia en cuanto a ser capturada en los equipos diseñados para su estudio.

⁷⁰ *Ibíd.*, p. 7.

⁷¹ HINDS. Citado por ALVARADO ZUÑIGA, Gerardo Mauricio. Estudio integrado de factores que influyen sobre la contaminación atmosférica por material particulado respirable de Pudahuel. Tesis de Maestría en Gestión y Planificación Ambiental. Santiago, Chile: Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Forestales y Conservación de la Naturaleza, 2010. 6 p.

⁷² MEXICO. SECRETARÍA DE SALUD. NORMA Oficial Mexicana NOM-025-SSA1-2014. Op. cit., p. 3.

Figura 6. Tamaño de las partículas PM10 y PM2,5.



Fuente. Agencia Europea de Medio Ambiente. 2013.

En atmósferas urbanas se pueden clasificar, de forma general, en tres fracciones importantes en función del tamaño de partícula⁷³:

- Partículas gruesas: Partículas con un diámetro aerodinámico máximo de 10 μm . También se conocen como PM10. Por definición, incluyen también la fracción fina. Desde el punto de vista operacional la medición del componente de la fracción gruesa importante para la salud comprende aquellas partículas que pueden ser inhaladas, es decir que penetren el árbol respiratorio más allá de la laringe. Por tal razón las partículas en el rango entre 2.5 y 10 micrones se conocen como la fracción torácica gruesa o PM10-2,5⁷⁴.
- Partículas finas: Presentan un diámetro aerodinámico de hasta de 2,5 μm . Se denominan también PM2,5 y comprenden, a su vez, las partículas ultrafinas.
- Partículas ultrafinas: Partículas con diámetros máximos de 0,1 μm , también denominadas PM0,1.

Las partículas gruesas se les conoce también como fracción respirable debido a que pueden ser inhaladas por el sistema respiratorio y depositarse en la región extratorácica del tracto respiratorio (nariz, boca, naso, oro y laringofarínge).

⁷³ CÁRDABA ARRANZ, Mario. Op. cit., p. 30.

⁷⁴ VARGAS R, Claudio. Efectos de la fracción gruesa (PM10-2.5) del material particulado sobre la salud humana, Julio 2011. p. 8. [citado 06, noviembre, 2015]. Disponible en: http://www.sinia.cl/1292/articles-51242_Estudio_cvargas.pdf

Las partículas finas se depositan en la región traqueobronquial (tráquea hasta bronquiolo terminal), aunque pueden ingresar a los alvéolos.

Las ultrafinas se depositan en la región alveolar, en donde aumenta la probabilidad de atravesar la membrana alvéolo capilar hacia el torrente sanguíneo y migrar hacia otros órganos.

2.5.1.4 Composición química del material particulado. La composición química del PM en sí es muy diversa, constituyéndose por sustancias de alta solubilidad como al sulfato de amonio, cloruro de sodio y carbón elemental asociado a compuestos orgánicos además de metales traza que explican el efecto tóxico a nivel pulmonar. La variedad de la composición también se relaciona con el tipo de fuente emisora. Entre los elementos traza descritos principalmente son: plomo, cadmio y mercurio⁷⁵.

Es importante conocer la composición química de las partículas, debido a que en la superficie de estas se encuentran adheridas sustancias tóxicas y cancerígenas que al ser inhaladas ocasiona daños específicos y potencia los efectos en la salud humana. Esto con el fin de determinar los factores de riesgo y epidemiología.

2.5.1.5 Composición biológica del material particulado. Las PM₁₀ también pueden contener material biológico como polen, esporas, virus o bacterias, estos microorganismos a los que están expuestos los seres humanos causan enfermedades infecciosas respiratorias. Pese a que la atmósfera no tiene una microbiota autóctona, es un medio muy utilizado por muchos microorganismos (esporas, bacterias, virus y hongos) para su dispersión. Algunos han creado adaptaciones especializadas para favorecer su supervivencia⁷⁶. En este sentido, el aire proporciona un mecanismo de transferencia para los microorganismos (virus, bacterias, hongos y toda clase de alérgenos), constituyendo una parte del material particulado de la atmósfera⁷⁷.

Los contaminantes atmosféricos de la fase respirable son de tamaño entre PM₁₀ y PM_{2,5} correspondiente al rango de tamaño microbiano, abriendo la posibilidad de encontrar diversos microorganismos asociados a la microbiota, los cuales pueden relacionarse con enfermedades respiratorias ya sea por su agente causal o favorecer la infectividad del patógeno actuando en conjunto. La abundancia de los microorganismos dispersos en el aire puede deberse a diversos factores como circulación turbulenta, vehículos, viento, temperatura, disponibilidad de agua, cantidad de polvo suspendido, etc.⁷⁸

⁷⁵ ESTEVEZ GARCIA, Jesús Alejandro. Exposición laboral a contaminación atmosférica: material particulado y efectos respiratorios en la salud de policías de tránsito de Bogotá, Colombia 2008-2009. Tesis de Maestría en Toxicología. BOGOTÁ, D.C.: Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Medicina, 2010. 29 p.

⁷⁶ VIVAR MARTÍNEZ, Edgar Fabián. Cuantificación de material particulado pm₁₀ y su efecto toxicológico-ambiental, en la ciudad de azogues. Tesis de Maestría en Toxicología Industrial y Ambiental. Cuenca, Ecuador: Universidad de Cuenca, Facultad de Ciencias Químicas, 2014. 27 p.

⁷⁷ JIMENEZ PALLARES. Op. cit., p. 43.

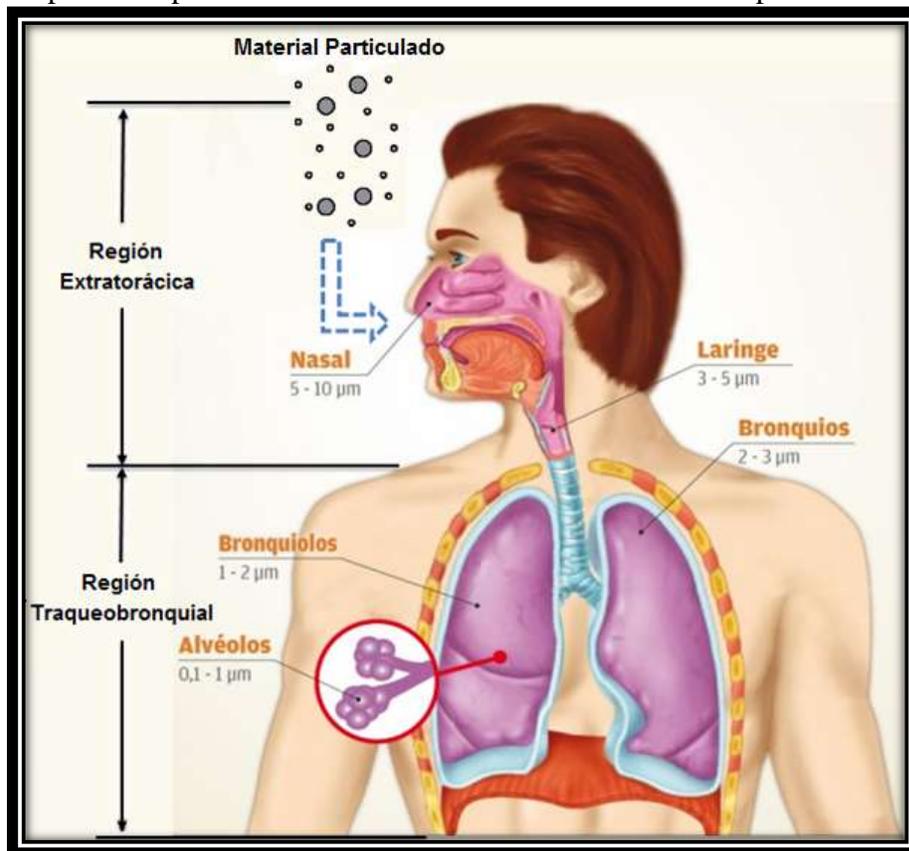
⁷⁸ *Ibíd.*, p. 28.

Los microorganismos permanecen suspendidos en el aire durante un tiempo, el cual depende de su forma, tamaño y peso; igualmente, de la potencialidad de las corrientes de aire que los mantienen dispersados.

En razón de lo anterior se puede decir, que el particulado grueso comprende polvo en suspensión o resuspendido de los caminos y de procesos industriales, construcción, y también un componente biológico en que destacan el polen, y fragmentos de bacterias. También a nivel urbano el desgaste de neumáticos, frenos y pavimento produce un material particulado muy distinto al que proviene de procesos naturales de erosión⁷⁹.

2.5.2 Efectos de la contaminación atmosférica por material particulado (pm10) en la salud humana. Avances en la investigación de los efectos de la contaminación atmosférica sobre la salud de las personas, han determinado que los riesgos a la salud son causados por partículas inhalables, en función de la penetración y depositación de éstas en diferentes secciones del aparato respiratorio (ver Figura 7), y la respuesta biológica a los materiales depositados⁸⁰.

Figura 7. Depósito de partículas de distinto tamaño en el sistema respiratorio.



Fuente. Modificada y adaptada de Sinca- Estudio Universidad Católica de Temuco.

⁷⁹ VARGAS R. Op. cit., p. 9.

⁸⁰ ALVARADO ZUÑIGA. Op. cit., 8 p.

Por lo tanto, la exposición a PM10 ya sea a corto plazo (24 horas) o largo plazo (años), ha sido relacionada con enfermedades y muertes debido a la generación de problemas cardíacos y pulmonares. La exposición a niveles altos de PM10 genera problemas en la salud que se incrementan progresivamente. El riesgo va desde la irritación de las vías respiratorias, tos, dificultad para respirar, disminución de la función pulmonar, asma agravada, desarrollo de bronquitis crónica, arritmia cardíaca, infartos no letales y muerte prematura en personas con problemas del corazón y pulmones⁸¹.

Debido a esto, los estudios epidemiológicos han tenido un papel importante en la formulación de valores guía de MP en el aire, gracias a la medición de sus efectos en mortalidad y morbilidad a muy bajos niveles de exposición⁸².

En las siguientes secciones de la investigación se presenta un análisis en detalle, de los mecanismos a través de los cuales el material particulado puede llegar a producir efectos sobre la salud; especialmente enfermedades de tipo respiratorio.

2.5.2.1 Mecanismo de contacto y exposición del ser humano con el material particulado (PM10). La respiración es un acto reflejo, el hombre inhala aproximadamente 7500 litros de aire al día⁸³; el aire entra en el organismo a través de las fosas nasales (sin esfuerzo y con un cierre simultáneo de la cavidad bucal), allí se calienta y humedece, los cilios ubicados en su revestimiento interior protegen la vía respiratoria frente al daño que podría causar algún cuerpo extraño⁸⁴.

De manera que, el sistema respiratorio constituye una puerta de entrada de los contaminantes aéreos, por lo tanto, es en este sistema donde los contaminantes tienen su primera oportunidad de ejercer sus efectos nocivos⁸⁵. Este sistema tiene el mayor contacto con el medio externo. De un lado ofrece una superficie de contacto grande (70 m² en un adulto), por otro lado, diariamente se inhalan entre 10.000 y 12.000 litros de aire y junto con este, toda clase de bacterias, hongos, esporas de hongos, epitelios de animales, polen, contaminantes atmosféricos y material particulado⁸⁶. Así mismo, el sistema respiratorio tiene unos sistemas defensivos que permiten que las partículas, depositadas en la capa mucosa que recubre el aparato respiratorio, puedan ser expectoradas junto con el moco que segrega dicha mucosa respiratoria⁸⁷.

⁸¹ VIVAR MARTÍNEZ. Op. cit., p. 32.

⁸² ESTEVEZ GARCIA. Op. cit., p. 32.

⁸³ JIMENEZ PALLARES. Op. cit., p. 44.

⁸⁴ PARRA, Yahaira. El paciente respirador bucal una propuesta para el estado Nueva Esparta 1996-2001. En: Fundación Acta Odontológica Venezolana [online], 2004, no. 2. [citado 14, octubre, 2008]. Disponible en: http://www.actaodontologica.com/ediciones/2004/2/paciente_respirador_bucal.asp

⁸⁵ BARAHONA CRISOSTOMO, Salvador Karim. Estudio microbiológico del material particulado atmosférico de Santiago mediante herramientas de biología molecular. Tesis de Maestría en Gestión y Planificación Ambiental. Santiago, Chile: Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Forestales y Conservación de la Naturaleza, 2010. 6 p.

⁸⁶ GARCIA LOZADA. Op. cit., p. 9.

⁸⁷ VILLACRES MANZANO, Eduardo Santiago. Análisis Toxicológico de Hidrocarburos Aplicado a la Salud Ocupacional. Monografía de Licenciatura en Ciencias Químicas, Especialidad Química Analítica. Quito: Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, 2015. 22 p.

Uno de los factores de la persona que pueden alterar negativamente a los mecanismos de defensa y predisponerla a sufrir enfermedad respiratoria es la edad, especialmente grupos más vulnerables como niños y ancianos⁸⁸.

La inhalación es la ruta de exposición más relevante, que causa grandes efectos del MP en la salud humana⁸⁹. La exposición a los contaminantes atmosféricos como el material particulado, se asocia con diferentes daños a la salud humana y la magnitud de los efectos depende de las concentraciones que se encuentran en el aire, de la dosis que se inhala, del tiempo y la frecuencia de exposición, así como de las características de la población expuesta⁹⁰.

Sin embargo, no todo el contaminante inhalado es absorbido por el sistema respiratorio; la cantidad del contaminante que alcanza a ingresar al cuerpo se conoce como dosis, el cual corresponde a una fracción de la exposición. Al aumentar la exposición y la dosis, efectos adversos por lo general se hará más pronunciados y un mayor número de personas se verán afectadas. En el caso de la exposición a PM, se considera que la concentración de exposición, es decir la que se produce en la zona respirable del individuo y la dosis de exposición son similares⁹¹.

2.5.2.2 Mecanismo de deposición del material particulado (PM10) en el sistema respiratorio. El mecanismo de deposición de las partículas en el sistema respiratorio se da de la siguiente forma⁹²:

La impactación de las partículas del aerosol se produce cuando las partículas en el aire poseen suficiente impulso como para mantener su trayectoria a pesar de cambios en la dirección de la corriente, por consiguiente, las partículas chocan con las paredes de las vías respiratorias estos choques se ocasionan preferentemente en las bifurcaciones sucesivas de dichas vías. Las posibilidades de deposición por impacto se incrementan cuando las partículas son más propensas a recorrer distancias más largas.

El diseño de las vías respiratorias ayuda a los choques entre las partículas inhaladas y las paredes en los continuos cambios de dirección que experimenta el aire inspirado, que alejan entre sí inercialmente las líneas de flujo del gas y de las partículas, acercándolas a las superficies donde quedan retenidas en la capa fluida que las recubre. Este fenómeno adopta el nombre de deposición inercial o intercepción.

La intercepción desempeña un papel más importante en la deposición de partículas fibrosas que en la de partículas esféricas o asimilables de igual tamaño.

La sedimentación es un proceso dependiente del tiempo en el que las partículas se depositan debido a la influencia de la gravedad.

⁸⁸ GARCIA LOZADA. Op. cit., p. 9.

⁸⁹ ESTEVEZ GARCIA. Op. cit., p. 26.

⁹⁰ MEXICO. SECRETARÍA DE SALUD. NORMA Oficial Mexicana NOM-025-SSA1-2014. Op. cit., p. 2.

⁹¹ HERNÁNDEZ. Op. cit., p. 28.

⁹² ASTUDILLO ALEMÁN. Op. cit., p. 39.

Posteriormente, las partículas menores a 10 micras ingresan y se alojan fácilmente en los pulmones y sirven de transporte a sustancias altamente peligrosas para la salud⁹³; proporcionando un lugar apropiado para reaccionar químicamente, llegar y permanecer en la mucosa de los pulmones, logrando disminuir la capacidad de transporte de oxígeno al torrente sanguíneo y provocar insuficiencia respiratoria⁹⁴. La lesión directa más frecuente es la ocasionada al epitelio alveolar o a la mucosa bronquial.

2.5.2.3 Los efectos de la contaminación por PM10 en la salud y sus manifestaciones clínicas. Debido a lo anterior, los efectos de la contaminación por PM10 en la salud se reflejan en manifestaciones clínicas. Cuando se especifica la respuesta inmunológica, teniendo en cuenta la sintomatología y el lugar de mayor compromiso, se puede hablar de afecciones o enfermedades de las vías aéreas superiores y de las inferiores, tales como: Afecciones de las Vías Respiratorias Inferiores (VRI): asma, bronquitis y neumonía. Afecciones de las Vías Respiratorias Superiores (VRS): Infecciones Respiratorias Agudas, mayor sensibilización para rinitis⁹⁵.

Afecciones de las Vías Respiratorias Superiores (VRS): Las afecciones de las VRS ocurren por algún factor desencadenante de una respuesta inflamatoria, pero que resuelve o se normaliza en pocos días. Las enfermedades de las vías respiratorias superiores son entre otras rinitis, faringitis, laringitis y amigdalitis⁹⁶.

Afecciones de las Vías Respiratorias Inferiores (VRI): Las afecciones de las VRI responden a procesos inflamatorios transitorios o desencadenados repentinamente, pero que con un oportuno tratamiento, no presentan un riesgo importante de falla respiratoria o incapacidad funcional. Las enfermedades agudas de las vías aéreas inferiores son entre otras, neumonía, bronquitis, bronconeumonía, traqueítis, edema pulmonar y hasta el síndrome de insuficiencia respiratoria aguda⁹⁷.

En consecuencia, la enfermedad respiratoria se podría definir como la respuesta de un desequilibrio entre los factores agresores y los mecanismos de defensa del aparato respiratorio. Los factores que determinan el desarrollo de estas enfermedades son las propiedades biológicas y dosis de las sustancias inhaladas y la competencia de los mecanismos de defensa de la persona⁹⁸.

Tales enfermedades responden a un proceso inflamatorio del tejido bronquial o del parénquima pulmonar que significa una limitación en los volúmenes pulmonares y sus capacidades⁹⁹.

⁹³ VAQUERANO, Olga Julissa. "Evaluación de la contaminación atmosférica causada por partículas respirables producidas en dos fábricas de colchones artesanales ubicadas en el municipio de San Salvador". Trabajo de Grado de Licenciatura en química y farmacia. El Salvador, San Salvador: Universidad de el Salvador, Facultad de Química y Farmacia, 2003. 12 p.

⁹⁴ ARIAS, Sandra Patricia y DAZA, Carlos Enrique. Op. cit., p. 24.

⁹⁵ HERNÁNDEZ, Op. cit., p. 32.

⁹⁶ HERNÁNDEZ, Op. cit., p. 33.

⁹⁷ HERNÁNDEZ, Op. cit., p. 33.

⁹⁸ ARIAS, Sandra Patricia y DAZA, Op. cit., p. 22.

⁹⁹ HERNÁNDEZ, Op. cit., p. 34.

2.5.2.3.1 Población susceptible. Los infantes y los mayores de edad son más vulnerables a los efectos de los contaminantes criterio del aire, esta es la razón por la que son los más frecuentemente estudiados. La vulnerabilidad de los niños tiene razones anatómicas, funcionales, además de aquellas derivadas de las condiciones sociales¹⁰⁰.

Varios aspectos relacionados con los cambios morfológicos y funcionales de las personas mayores, pueden contribuir a aumentar su vulnerabilidad al exponerse a los contaminantes del aire; en el aparato respiratorio se presentan cambios estructurales con un tórax más rígido, menos móvil y una disminución de la elasticidad pulmonar que conducen a una disminución de la capacidad vital y del volumen de reserva respiratorio, con un aumento del volumen residual¹⁰¹.

2.6 MARCO LEGAL.

El estado a través de la normatividad constitucional vigente, adopta medidas necesarias para garantizar las condiciones que permitan a las personas el derecho a gozar de un ambiente sano y el aseguramiento de la calidad del aire.

A continuación se presenta la normatividad legal vigente, que regula el tema de la calidad del aire en Colombia; entre las que destacan La Constitución Política de Colombia, la resolución 601 del 2006 presentan los niveles máximos permitidos de calidad del aire para Colombia, decreto 948 de 1995 Protección y Control de la calidad del aire; entre otros instrumentos legales que se consideran pertinentes como fundamento legal de la investigación, que informan el grado de cumplimiento y compromiso por parte de los ciudadanos y el estado; y así evaluar los riesgos y efectos para la salud por los problemas de calidad de aire.

2.6.1 Ley 23 de 1973. Por el cual se conceden facultades extraordinarias al Presidente de la República para expedir el Código de Recursos Naturales y de Protección al Medio Ambiente y se dictan otras disposiciones.

Artículo 1°. Es objeto de la presente ley prevenir y controlar la contaminación del medio ambiente, y buscar el mejoramiento, conservación y restauración de los recursos naturales renovables, para defender la salud y el bienestar de todos los habitantes del territorio nacional.

2.6.2 Decreto 2811 de 1974. Por el cual se dicta el Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente.

Artículo 9°. Se realizó la propuesta de la norma de calidad del aire.

¹⁰⁰ MINISTERIO DE SALUD Y PROTECCIÓN SOCIAL ORGANIZACIÓN PANAMERICANA DE LA SALUD. Op. cit., p. 33.

¹⁰¹ *Ibíd.*, p. 33.

2.6.3. Ley 09 de 1979. Promulga las medidas sanitarias para la protección del medio ambiente.

Otorga facultades al Ministro de Salud para proferir normas para el control de la contaminación atmosférica.

2.6.4. Decreto 02 de 1982. Reglamenta título I de la Ley 09-79 y el decreto 2811-74 Disposiciones sanitarias sobre emisiones atmosféricas.

Art. 7 a 9 Definiciones y normas generales.

Art.73 Obligación del Estado de mantener la calidad atmosférica para no causar molestias o daños que interfieran el desarrollo normal de especies y afecten los recursos naturales.

Art. 74 Prohibiciones y restricciones a la descarga de material particulado, gases y vapores a la atmósfera.

Art. 75 Prevención de la contaminación atmosférica.

2.6.5. Ley 99 de 1993. Creación del SINA y se dictan disposiciones en materia ambiental.

Art.5 Funciones de Minambiente para establecer normas de prevención y control del deterioro ambiental.

Art. 31 Funciones de las CAR,s relacionadas con calidad y normatividad ambiental.

2.6.6. Decreto 948 de 1995. Derogó el decreto 02 de 1982. Normas para la protección y control de la calidad del aire.

Decretos que modificaron o derogaron del 948 de 1995.

- El decreto 2107 de 1995, que modificó el 948 sobre uso de crudos pesados, quemas abiertas, emisiones vehiculares y actividades contaminantes.
- El decreto 1224 de 1996 que derogo del artículo 40 de la 948 de 1995, sobre calidad de combustibles.
- El decreto 1228 de 1997 que modificó del artículo 91 del decreto 948 de 1995 sobre certificación del cumplimiento de normas de emisión para vehículos automotores.
- El decreto 1552 del 2000 que modificó el artículo 38 del decreto 948 de 1995 y el artículo 3 del decreto 2107 de 1995, sobre emisiones de vehículos diesel.
- El decreto 979 del 2006 que modifica los artículos 7, 10, 93, 94 y 106 del decreto 948 de 1995.

2.6.7. Resolución 1351 de 1995. Se adopta la declaración denominada Informe de Estado de Emisiones-IE1.

2.6.8. Resolución 005 de 1996. Reglamenta niveles permisibles de emisión de contaminantes por fuentes móviles.

2.6.9. Resolución 864 de 1996. Identifica equipos de control ambiental que dan derecho al beneficio tributario según art. 170, ley 223 de 1995.

2.6.10. Resolución 601 de 2006. Deroga parcialmente en el decreto 02 de 1982.

La cual establece la norma de calidad del aire o Nivel de inmisión, para todo el territorio nacional en condiciones de referencia, cuyo objetivo es “establecer la norma de calidad del aire o nivel de inmisión, con el propósito de garantizar un ambiente sano y minimizar los riesgos sobre la salud humana que puedan ser causados por la concentración de contaminantes en el aire ambiente.”

2.6.11. Resolución 610 de 2010. Por la cual se modifica la Resolución 601 del 4 de abril de 2006.

Que, de conformidad con el concepto técnico de octubre de 2009 y la información recolectada por la Dirección de Desarrollo Sectorial Sostenible del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, se hace necesario realizar ajustes a la Resolución 601 de 2006.

"Artículo 4°. Niveles Máximos Permisibles para Contaminantes Criterio.

En la Tabla 5, se presentan los niveles máximos permitidos en el aire para cada contaminante criterio. Estos datos se calcularon con el promedio geométrico para PST y aritmético para los demás contaminantes:

Tabla 5. Niveles máximos permisibles para contaminantes criterio (Resolución 610 del 2010).

Contaminante	Nivel Máximo Permissible ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Tiempo de Exposición
PST	100	Anual
	300	24 horas
PM₁₀	50	Anual
	100	24 horas
PM_{2,5}	25	Anual
	50	24 horas
SO₂	80	Anual
	250	24 horas
	750	3 horas
NO₂	100	Anual
	150	24 horas

	200	1 hora
O₃	80	8 horas
	120	1 hora
CO	10	8 horas
	40	1 hora

Fuente. Resolución 610 de 2010.

Tabla 6. Niveles de concentración para la determinación de estados de prevención, alerta y emergencia.

Contaminante	Tiempo de Exposición	Estados Excepcionales		
		Nivel de prevención	Nivel de alerta	Nivel de emergencia
PST	24 horas	375	625	875
PM₁₀	24 horas	300	400	500
SO₂	24 horas	500	1.000	1.600
NO₂	1 hora	400	800	2.000
O₃	1 hora	350	700	1.000
CO	8 horas	17.000	34.000	46.000

Fuente. Resolución 610 de 2010.

3. DISEÑO METODOLÓGICO

3.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN

El estudio que se desarrollara en la investigación es de tipo descriptivo, con un diseño no experimental-Longitudinal; con enfoque cuantitativo.

Descriptivo, porque está dirigido a determinar cómo es, cómo está la situación de las variables o estudios en una población concreta, la frecuencia con que ocurre el hecho, en quiénes, dónde y cuándo se estará presentando y se tratará de obtener toda la información necesaria¹⁰². Ayudará a predecir el comportamiento, incluye variables como gente, geografía, clima etc.

La investigación cuantitativa es aquella en la que se recogen y analizan datos cuantitativos sobre variables. Estudia la asociación o relación entre variables cuantificadas¹⁰³. En el presente estudio se recolectarán datos de la medición del contaminante material particulado menor a 10 microgramos y factores meteorológicos (variables independientes), para su posterior análisis y evaluación. Así mismo, se recogerán datos de la población afectada por enfermedades del sistema respiratorio y mortalidad general (variable dependiente) que habita el sector ciudadela norte – Ocaña (N de S).

La investigación no experimental se define como la investigación que se realiza sin manipular deliberadamente variables, no varía en forma intencional las variables independientes, lo que se hace es observar tal y como se da un fenómeno en su contexto para después analizarlos¹⁰⁴. Longitudinal porque se recolectarán datos a través del tiempo en un punto o periodo para ser inferencias respecto al cambio, sus determinantes y consecuencias¹⁰⁵. En este caso se recolectarán datos en un periodo de tres meses para los casos presentados de ERA entre diciembre de 2014 y diciembre de 2015.

A su vez el estudio, es de tipo correlacional y documental.

Correlacional porque analiza y mide el grado de relación que existe entre la contaminación atmosférica por material particulado menor a 10 micras (PM10) con la población afectada por enfermedades respiratorias.

Documental porque los datos del estudio, fueron tomados de los registros semanales de ERA (Enfermedad respiratoria aguda); reportados por el Hospital Emiro Quintero Cañizares E.S.E a la oficina de vigilancia en Salud Pública, donde se encuentra consignada la información de

¹⁰² MARCO METODOLÓGICO [Anónimo]. Tipo de Investigación. Disponible en Internet: <URL: http://www.univo.edu.sv:8081/tesis/019939/019939_Cap3.pdf>. P.32. [citado 18 Oct. 2015]

¹⁰³ Enciclopedia Wikipedia. “Investigación cuantitativa”. Disponible en Internet: <URL: http://www.es.wikipedia.org/wiki/Investigacion_cuantitativa>. [citado 19 Oct. 2015]

¹⁰⁴ METODOLOGÍA [Anónimo]. Diseño de la investigación. Disponible en Internet: <URL: http://www.catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lad/...j.../capitulo3.pdf>. P.52. [citado 19 Oct. 2015]

¹⁰⁵ *Ibid.*, p. 52.

ingresos a Urgencias, Consultas externa y hospitalización de los casos presentados en el periodo ya mencionado.

3.2 POBLACIÓN

Para esta investigación, la población objetivo está conformada por el número total de pacientes que acudieron al servicio de consulta externa, hospitalización y urgencias; por enfermedades respiratorias (faringitis, amigdalitis, laringitis, bronquitis, bronquiolitis, rinofaringitis, neumonía) en el principal centro de salud del municipio: Hospital Emiro Quintero Cañizares E.S.E; entre diciembre de 2014 y diciembre de 2015.

3.3 MUESTRA

La muestra seleccionada para este estudio corresponde al número total de pacientes, cuya zona de residencia se encuentra en el área de influencia del proyecto, es decir en cada uno de los barrios que conforman el sector Ciudadela Norte.

El tipo de muestreo a utilizar para este estudio, es No Probabilístico-decisional.

Las muestras no aleatorias, determinísticas o no probabilísticas están compuestas por unidades de población que no han sido elegidas al azar. Son todas aquellas muestras que por lo general implican un juicio personal o clara intención de definir o seleccionar la población con un criterio preestablecido. Con este tipo de muestreo se intenta tener “representatividad” del universo estudiado¹⁰⁶.

De igual modo, en las muestras decisionales los elementos de la muestra que se seleccionan son elegidos por el investigador, porque reúnen algún criterio que a su juicio lo convierten en un caso relevante o caso típico para los fines de estudio¹⁰⁷.

3.4 RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN

La técnica utilizada para reunir la información necesaria para la investigación, es la observación de los datos que corresponden a las mediciones de concentración de PM10, los cuales son medidos con una rutina de 24 horas cada 72 horas. Cuyos valores son registrados en microgramos por metro cúbico (mg/m³). Así también, se recogerán los datos correspondientes a los factores meteorológicos (temperatura, presión, humedad relativa y radiación solar).

¹⁰⁶ CERDA, H. [online]. Metodología de la Investigación II. Capítulo 7: Medios, Instrumentos, Técnicas y Métodos en la Recolección de Datos e Información. Bogotá: Universidad Nacional Abierta 1991. [Citado 19, octubre, 2015]. Disponible en: <http://www.postgrado.una.edu.ve/metodologia2/paginas/cerda7.pdf>

¹⁰⁷ YUNI, José Alberto y URBANO, Claudio Ariel [online]. Técnicas para Investigar y formular proyectos de investigación. Córdoba, Argentina: Brujas, 2006. [Citado 19, Octubre, 2015]. Disponible en: https://books.google.com.co/books?id=XWikBfrJ9SoC&pg=PA24&lpg=PA24&dq=muestras+no+probabil%C3%ADsticas&source=bl&ots=iiJSm5fjrc&sig=4oHllH9C_cripkXBOP8uUafFzs&hl=es&sa=X&ved=0CD8Q6AEwBjgUahUKEwisjseCuM3IAhUFGD4KHfHWAc4#v=onepage&q=muestras%20no%20probabil%C3%ADsticas&f=false

Datos que se obtendrán del punto de monitoreo de la estación ubicada en el barrio Santa Clara (Estación Crediservir); los cuales serán promediados semanalmente y mensualmente para realizar la correlación con la morbilidad de enfermedades respiratorias de la población-estudio por semana epidemiológica.

Figura 8. Estación Santa Clara, Ubicación del equipo de muestreo.



Fuente. Laboratorio calidad del aire UFPSO.

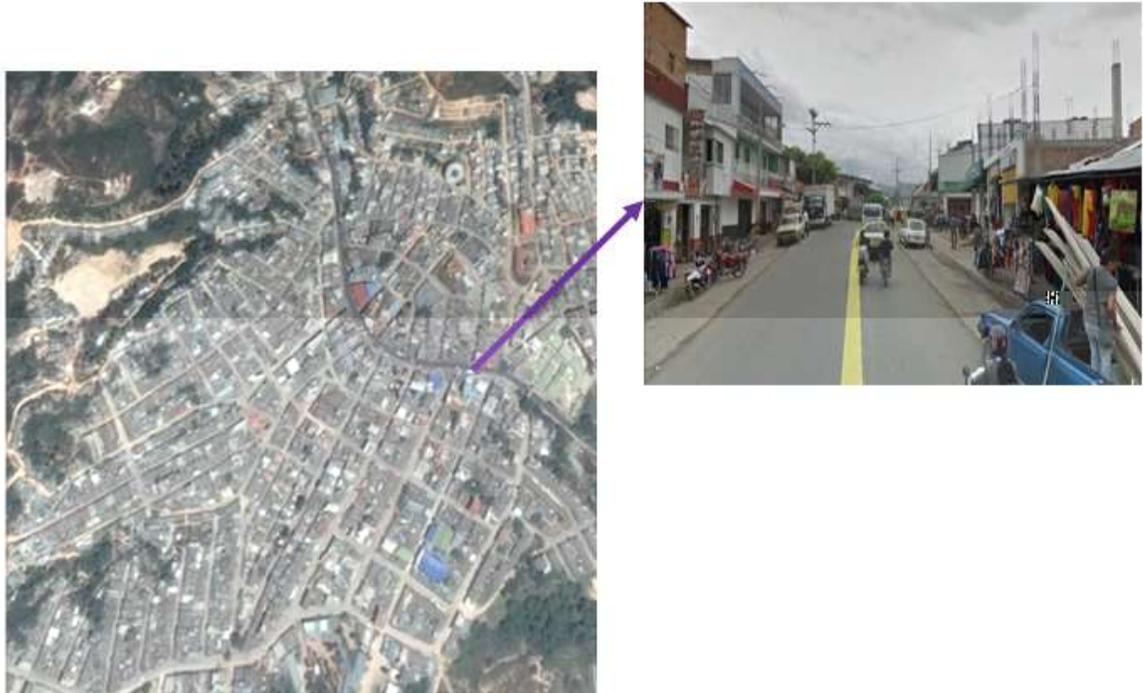
Este sitio es uno de los puntos que más tráfico vehicular (fuente móvil) describe en la respectiva zona urbana del Municipio de Ocaña. La estación está ubicada en una vía nacional dentro del casco urbano a una altura de 6 metros, sobre el nivel de la calle. Además, en el sector se concentra una gran parte de la población del casco urbano del municipio.

Igualmente, se utilizará la observación; como técnica para reunir información de los datos de morbilidad por enfermedades respiratorias (faringitis, amigdalitis, laringitis, bronquitis, bronquiolitis, rinofaringitis, neumonía) de la población objeto de estudio; que figuran en los registros del Hospital Emiro Quintero Cañizares reportados semanalmente a la oficina de Salud pública de la Alcaldía Municipal de Ocaña (N de S); entre diciembre de 2014 y diciembre de 2015.

No obstante, la recolección de datos se llevará a cabo a través de la observación documental por medio de un formato de registro, que para esta investigación será el instrumento utilizado; creando una base de datos; ver formato (Anexo A). En el caso del registro para ERA, este contiene una tabla con los siguientes datos: consulta por nombre, edad, sexo, diagnóstico y localización (Anexo B). En cuanto al formato de registro para factores meteorológicos, ver Anexo C.

Con la misma técnica, se tomarán los datos; resultado de un aforo vehicular que se realizara mediante un aforador automático en un punto establecido en la vía principal que atraviesa el sector Ciudadela Norte, cuya ubicación se detalla en la siguiente figura.

Figura 9. Localización aforo vehicular sobre el tramo de la vía principal sector Ciudadela Norte.



Fuente. Google earth

Sobre esta importante vía primaria nacional se tomarán las mediciones automáticas las cuales se recopilarán en un formato de registro (Anexo D). El aforador automático realiza la respectiva clasificación del tráfico en un solo sentido norte-sur.

El conteo se realizará durante un periodo de 12 horas, desde las 6:00 am hasta 6:00 pm, periodo en el cual se presenta un alto flujo vehicular en el respectivo sector; con el fin de obtener información respecto a intensidad de tráfico vehicular.

El procedimiento metodológico establecido para desarrollar la investigación, se hará a través de la obtención de datos e información suministrados de fuentes primarias y secundarias.

Con relación a la obtención de información primaria: se inicia la recolección de datos, realizando la gestión con las autoridades de salud y ambiente (Anexo E); cuyo radio de acción se sitúa en el casco urbano del municipio de Ocaña, y así comenzar la revisión de los datos e información disponibles en cada una de las entidades. Respecto al aforo de vehículos se obtendrá la información por medio de visitas de campo.

Para la recolección de datos secundarios se hará a través de consulta a bases de datos bibliográficas y electrónicas, las cuales aportan una gran cantidad de información procedente de artículos, revistas, tesis de grado. Así también documentos que disponen las entidades los cuales brindan información, tales como: Secretaria Municipal de Salud, Corporación Autónoma Regional de la Frontera Nororiental: CORPONOR, Alcaldía de Ocaña - Norte de Santander, entre otros. Además, se utilizarán fuentes de diferentes investigaciones relacionados con el tema; como también normas, informes anteriormente realizados a través de la aplicación de la técnica de análisis documental.

3.5 ANÁLISIS DE INFORMACIÓN.

Una vez recolectada la información correspondiente, se procedió a realizar el análisis de la siguiente manera:

3.5.1 Análisis de concentración de PM10. Con el fin de conocer la concentración y evaluar el comportamiento de material particulado menor o igual a 10µm suspendido en la atmósfera, se realizan los cálculos de las mediciones realizadas cada 72 horas mediante promedios de 24 horas; para hallar las concentraciones promedio.

Los pasos a seguir para el cálculo de las concentraciones son los siguientes: primero ubicar el valor de la concentración de PM10 obtenida por el monitoreo en la Tabla 7.

Tabla 7. Valor del Índice de Calidad del Aire y efectos a la salud.

ICA	COLOR	CLASIFICACION	PM10 24h µg/m3	Efectos a la salud
0-50	Verde	Buena	0 54	Ninguno
51-100	Amarillo	Moderada	55 154	Posibles síntomas respiratorios en individuos sensibles, posible agravamiento de enfermedad del pulmón en personas con enfermedades cardiopulmonares y adultos mayores.
101-150	Naranja	Dañina a la salud para grupos sensibles	155 254	Aumento de riesgo de síntomas respiratorios en individuos sensibles, agravamiento de enfermedad de pulmón.
151-200	Rojo	Dañina a la salud	255 354	Incremento de los síntomas respiratorios y recrudecimiento de las enfermedades pulmonares tales como asma; posibles efectos respiratorios en la población en general.
201-300	Purpura	Muy dañina a la salud	355 424	Aumento significativo en síntomas respiratorios y aumento de la gravedad de enfermedades pulmonares como asma; incremento de la probabilidad de ocurrencia de efectos respiratorios para la población en general.
301-400	Marrón	Peligrosa	425 504	Riesgo serio de síntomas respiratorios y recrudecimiento de enfermedades pulmonares como asma; probables efectos respiratorios en la población en general.

401-500	Marrón	Peligrosa	505 604	
---------	--------	-----------	------------	--

Fuente. Modificada y adaptada de Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (EPA).

El ICA es un indicador de la calidad del aire diario, que presenta una escala numérica a la cual se le asigna un color, el cual a su vez tiene una relación con los efectos en salud. Para el cálculo e interpretación de este indicador, se debe utilizar la metodología descrita en el protocolo para el monitoreo y seguimiento de la calidad del aire, manual de operación de sistemas de vigilancia de calidad del aire, publicado en 2010 por el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial.¹⁰⁸

La medición se ubica entre las concentraciones de la escala de intervalos PM₁₀ 24h µg/m³, valores que corresponden al punto mayor y menor del contaminante. Luego el valor calculado para PM₁₀, corresponde a un ICA que según su clasificación guarda relación con los efectos en salud.

De esta manera se determina si los valores registrados exceden lo establecido en la normatividad, verificando si la concentración del contaminante supera o no los límites permisibles establecidos en la resolución 610 de 2010.

Así mismo, Se hará un análisis estadístico descriptivo de los promedios semanales de las concentraciones de PM₁₀ durante cada mes, para luego evaluar el comportamiento de la concentración de PM₁₀ semanal y mensualmente; de esta manera observar la tendencia del contaminante durante el periodo de estudio, para así determinar si hay excedencias mediante un diagrama de comparación de la concentración de contaminante con la norma (construcción de gráficos).

Igualmente, mediante el mismo análisis; se determinará el comportamiento meteorológico Vs. material particulado. De esta forma, con los datos representados analizar el efecto de los factores meteorológicos en las concentraciones y cómo puede influir o interferir en el comportamiento de este (construcción de gráficos). Se evaluará realizando una serie de tiempo con los promedios mensuales de PM₁₀ para el periodo-estudio a través de representaciones graficas comparativas mediante las cuales se podrá establecer si existe o no una relación entre los promedios mensuales de material particulado y los niveles alcanzados por cada uno de los factores meteorológicos (temperatura, presión, humedad relativa y radiación solar).

Además, se evaluará si existe una relación entre los factores meteorológicos y PM₁₀, en caso de evidenciar alguna relación entre estas variables, el efecto de estos se verá reflejado en los casos reportados por ERA.

¹⁰⁸ MINISTERIO DE SALUD Y PROTECCIÓN SOCIAL ORGANIZACIÓN PANAMERICANA DE LA SALUD. Op. cit., p. 171.

Por último, el análisis del flujo vehicular permitirá conocer el porcentaje de vehículos, así como el tipo de vehículo que transita por la vía principal; se hará a través de tablas, construcción de gráficos e histogramas que ayudaran a interpretar la información registrada. Esto con el fin de conocer el grado de correlación entre fuentes (móviles) de material particulado y concentración de material particulado.

3.5.2. Análisis de datos de los efectos en salud. Con base en la recolección de datos de salud, el análisis de estos en cuanto a morbilidad por ERA se realizará teniendo en cuenta: la semana epidemiológica, los grupos por edad y localización; haciendo un análisis estadístico descriptivo o análisis exploratorio de datos.

Para la presentación de los datos categóricos o cualitativos se hará por medio de una tabla de frecuencias, considerando los casos de enfermedades respiratorias notificadas durante el periodo estudio; clasificados según tipo de enfermedad respiratoria. La representación de datos se hará a través de gráfico de barras o grafico de tortas.

Los grupos de edad estarán clasificados de la siguiente manera: < 1, 1-4, 5-14, 15-44, 45-59, ≥ 60 para posteriormente analizar el número de casos por tipo de enfermedad respiratoria; para una mejor interpretación de los datos se organizarán en el formato: Análisis casos ERA (Anexo F).

Para cada semana epidemiológica se obtendrá el número de casos por enfermedad respiratoria aguda, y dentro de ese total, se obtendrá el porcentaje (%) de casos de pacientes según: grupos de edad (Construcción de gráficos).

Además, calcular la proporción de casos por grupos de edad y sexo en cuanto a causa de consulta por tipo de enfermedad respiratoria aguda, que fueron atendidos en los servicios de consulta externa, hospitalización y urgencias (Construcción de gráficos).

Para así determinar:

- En qué tiempo (mes) se presentan la mayor proporción de casos.
- La principal morbilidad que ha sido atendida o la consulta que más predomina en los servicios de atención.

También, se determinará el número total de casos atendidos en relación con la semana epidemiológica para evaluar el comportamiento durante el periodo establecido en la investigación (Construcción de gráficos).

En cuanto a mortalidad por ERA, el análisis se realizará teniendo en cuenta la semana epidemiológica, la fecha de defunción y localización; así mismo precisar las variables de sexo y edad. Se calcula la tasa de mortalidad, la cual corresponde a la proporción de individuos que fallecen (numerador) respecto al total de individuos del total de la muestra (denominador), expresada en tanto por mil.

3.5.3 Análisis de asociación entre PM10 y efectos en salud. Para el análisis de asociación, se observan los valores de concentración considerados como picos de contaminación, esto con el fin de identificar episodios en los cuales se presentan concentraciones por encima de lo establecido en la normativa y que pueden estar influyendo o estar relacionadas con el aumento en el número de admisiones hospitalarias por servicios de consulta externa, hospitalización y urgencias por enfermedades respiratorias.

Para estimar la relación entre estas variables, se hará también a través de un análisis estadístico descriptivo: representaciones gráficas, por medio de superposición de curvas. De esta manera, analizar el comportamiento del material particulado semana a semana y donde se presentan las mayores concentraciones y el mayor número de casos atendidos por enfermedades respiratorias.

A través de gráficos, permitirá ver una posible relación entre los picos de contaminación y los casos ERA, se analizará en el periodo-estudio:

El número de casos ERA atendidos por consulta externa, en urgencias y hospitalización en el Hospital Emiro Quintero cañizares, para cada uno de los grupos de edad Vs Promedios semanales de concentración de PM10 registrado en la estación Santa Clara.

También se realizará una Modelación de la calidad del aire en el sector, empleando la MODELACION. Envimet 3.1. Este programa permite el modelamiento de la dispersión de partículas de PM10, generadas por el producto de tráfico de vehículos. La modelación se utiliza para saber cómo cambia en el tiempo y el espacio la concentración del contaminante criterio con el fin de predecir y analizar la calidad del aire.

4. ADMINISTRACIÓN DEL PROYECTO

4.1 RECURSOS HUMANOS

El equipo de Investigación está conformado:

Docentes e Investigadores:

- **Ingeniero Ambiental Msc(c) Alexander Armesto Arenas.**

Director: Laboratorio de Calidad del Aire UFPS Ocaña
Profesor titular facultad de Ciencias Agrarias y del Ambiente.
Plan de estudios Ingeniería Ambiental.

Estudiante de Pregrado:

- **Eliana Contreras Carrillo.**
Estudiante de Ingeniería Ambiental.
Universidad Francisco de Paula Santander. Sede Ocaña.

4.2 RECURSOS INSTITUCIONALES

Tabla 8. Actores Involucrados

Actores/ Fuente de Información	Tipo de Información	Categoría				Periodicidad de la recopilación y reporte de la información
		Publico	Privado	Sociedad Civil	Cooperación Internacional	
Secretaría de Desarrollo Humano-sec	Sanitaria	X				Semana epidemiológica
E.S.E Hospital Emiro Quintero Cañizares	Epidemiológica	X				Semana epidemiológica
Corporación Autónoma Regional (CAR) CORPONOR	Ambiental	X				Semanal, mensual o según la disponibilidad de datos del sistema de vigilancia de Calidad del Aire.

Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña	Ambiental	X				Semanal, mensual o según la disponibilidad de datos del sistema de vigilancia de Calidad del Aire.
---	-----------	---	--	--	--	--

Fuente. Autor, 2015

4.3 CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

Teniendo en cuenta el diseño metodológico, en cuanto a recolección y análisis de información. En síntesis, la metodología propuesta para llevar a cabo la investigación y dar cumplimiento a los objetivos propuestos es la siguiente:

Fase 1. Recopilación de la Información:

Recopilación y registro de los datos de concentración de material particulado pm10 del laboratorio de calidad del aire UFPSO. Igualmente, información de los factores meteorológicos (temperatura, presión, humedad relativa y radiación solar) de la estación meteorológica.

Recopilación y registro de los datos por Enfermedades Respiratorias Agudas (ERA) del Centro de Salud de Atención: Hospital Emiro Quintero Cañizares E.S.E en la oficina de Salud pública de la Alcaldía Municipal de Ocaña (N de S).

Realización aforo vehicular en un punto de la vía principal, por medio de un contador de vehículos (PicoCount 2500) que permite caracterizar el tipo de móvil; con el fin de establecer el tránsito actual que circula por la vía en el sector ciudadela norte.

Fase 2. Análisis de Información:

Análisis de concentración de pm10: Organización, presentación y representación de datos. Haciendo un análisis estadístico descriptivo o análisis exploratorio de datos.

Análisis de la influencia de los factores meteorológicos por tráfico vehicular (fuente móvil) en la concentración de material particulado pm10.

Análisis de datos de los efectos en salud.

Igualmente, análisis de asociación entre pm10 y efectos en salud.

Análisis de flujo vehicular mediante el uso del software Modelacion. Envimet 3.1.que permite el modelamiento de la dispersión de partículas de pm10.

Fase 3. Presentación de análisis de resultados, conclusiones y recomendaciones.

Respecto a las fases descritas, se hace la respectiva relación de las actividades y del tiempo que se va a emplear para la ejecución del proyecto (Ver Anexo G).

4.4 RECURSOS FINANCIEROS

Tabla 9. Presupuesto Global del proyecto por fuentes de financiación (en miles de \$).

RUBROS	FUENTES						TOTAL
	ESTUDIANTE		UFPSO		EXTERNA		
	Efectivo	Especie	Efectivo	Especie	Efectivo	Especie	
Equipos				600.000			600.000
Materiales	88.000						88.000
Salidas de campo	91.200						91.200
TOTAL							779.200

Tabla 10. Descripción de los equipos de uso propio (en miles de \$).

Descripción	\$/h	Horas de utilización	Justificación	Fuentes			Total
				Estudiante	UFPSO	Externa	
				Especie	Especie	Especie	
Contador de vehículos (PicoCount 2500)	50.000	12	Análisis de flujo vehicular en el punto de monitoreo de PM10		600.000		600.000
Total							600.000

Tabla 11. Descripción de los materiales e insumos (en miles de \$).

Descripción	Cantidad	Justificación	Fuentes			Total
			Estudiante	UFPSO	Externa	
Papelería (resma)	1	Información como soporte físico de la investigación	40.000			40.000
Útiles de escritorio	---	---	20.000			20.000
Fotocopias	100	Información como soporte físico de la investigación	10.000			10.000
Impresiones	150	Información como soporte físico de la investigación	15.000			15.000
CD's	3	Presentación investigación	3.000			3.000
Total						88.000

Tabla 12. Salidas de campo (en miles de \$).

Item	Justificación	Costo unitario	Cantidad	Fuentes			Total
				Estudiante	UFPSO	Externa	
Pasajes y gastos de transporte	Recolección de datos por semana epidemiológica en la Oficina de Salud Pública de la alcaldía municipal Ocaña (N de S), así como en las demás entidades competentes.	1.200	76	91.200			91.200
Total							91.200

5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A continuación, se presentan los resultados obtenidos durante la realización del proyecto. Este capítulo se divide en 4 secciones de acuerdo a la información obtenida el cual lleva un orden para una mejor interpretación:

En primer lugar, un análisis del contaminante criterio material particulado PM10, para conocer el valor de su concentración y determinar si la carga contaminante excede los límites establecidos por la normativa nacional (resolución 610/2010) y la US EPA (agencia de protección ambiental de estados unidos).

Seguido de un análisis de la morbilidad atendida en salas era reportados por IPS – E.S.E Hospital Emiro Quintero Cañizares por semana epidemiológica para determinar el total de casos atendidos, reportados a la oficina de salud pública, específicamente del sector Ciudadela Norte.

En tercer lugar, un análisis de datos meteorológicos, su influencia sobre PM10 y efectos sobre enfermedades respiratorias agudas, en donde se evalúa el grado de relación que existe entre los parámetros meteorológicos y el PM10

Luego, en cuarto lugar, un análisis de los promedios mensuales de PM10 vs Morbilidad por enfermedad respiratoria aguda, en donde se presenta y discute el grado de relación entre ambas variables.

Finalmente, un análisis de la actividad vehicular (emisiones) con las concentraciones de PM10.

Organización y consolidación de la información recolectada. Durante todo el periodo de investigación se encontró que fueron atendidos un total de 7933 pacientes, que corresponde al número de casos ERA presentados en la Ciudad de Ocaña entre Dic 6 de 2014- Dic 4 de 2015. Los datos del total de población se encuentran incluidos y se describen en el Anexo H. Para seleccionar la muestra del total de la población, de estos 7933 casos registrados se excluyen: IRA no especificada debido a que no especifica el diagnóstico y otitis como enfermedad relacionada con la audición, asociada al ruido; por lo cual no han sido tomados en cuenta como objeto de análisis.

Finalmente, se seleccionaron 1019 casos ERA correspondiente a la muestra de los 7933 existentes en los registros. La muestra seleccionada corresponde al número total de pacientes que residen en el sector Ciudadela Norte. Para la interpretación e integración de los datos de la muestra: Base de Datos se describe en el anexo I.

De igual manera, con base en los datos reportados por la estación de monitoreo, ubicada en el Barrio Santa Clara con sus respectivos análisis en el laboratorio de Calidad de Aire de La UFPS Ocaña; en cuanto al contaminante: Material particulado PM10(Ver Anexo J); y los

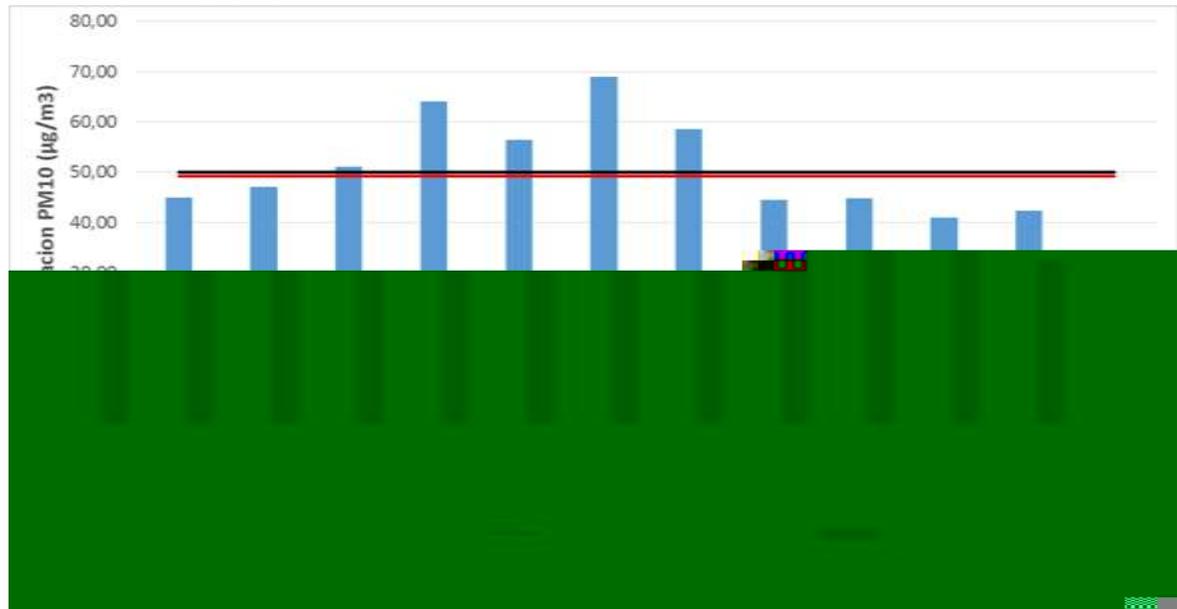
datos aportados por la estación meteorológica de la UFPSO sede primavera, se obtuvo la información necesaria para llevar a cabo este análisis de resultados.

Para un manejo e interpretación de resultados se realizó un análisis descriptivo-correlacional de los datos, al mismo tiempo un análisis grafico-comparativo empleando la estadística con la información obtenida durante la ejecución del proyecto en la cual se manejaron y procesaron los datos.

5.1 ANÁLISIS DEL CONTAMINANTE CRITERIO MATERIAL PARTICULADO PM10

5.1.1 Promedios anuales de PM10. Para la descripción y análisis del comportamiento de la concentración de material particulado menor o igual a $10\mu\text{m}$, es importante aclarar que se realizó en función de promedios mensuales y diarios. Los valores de referencia tomados para evaluar el comportamiento de PM10 fueron los establecidos por la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (US EPA) y mediante Resolución 610 de 2010 como Nivel Máximo Permissible $50 (\mu\text{g}/\text{m}^3)$ para tiempo de exposición anual.

Gráfica 1. Comportamiento promedio anual de PM10 – Periodo (Dic 2014-Dic 2015) – Sector Ciudadela Norte.



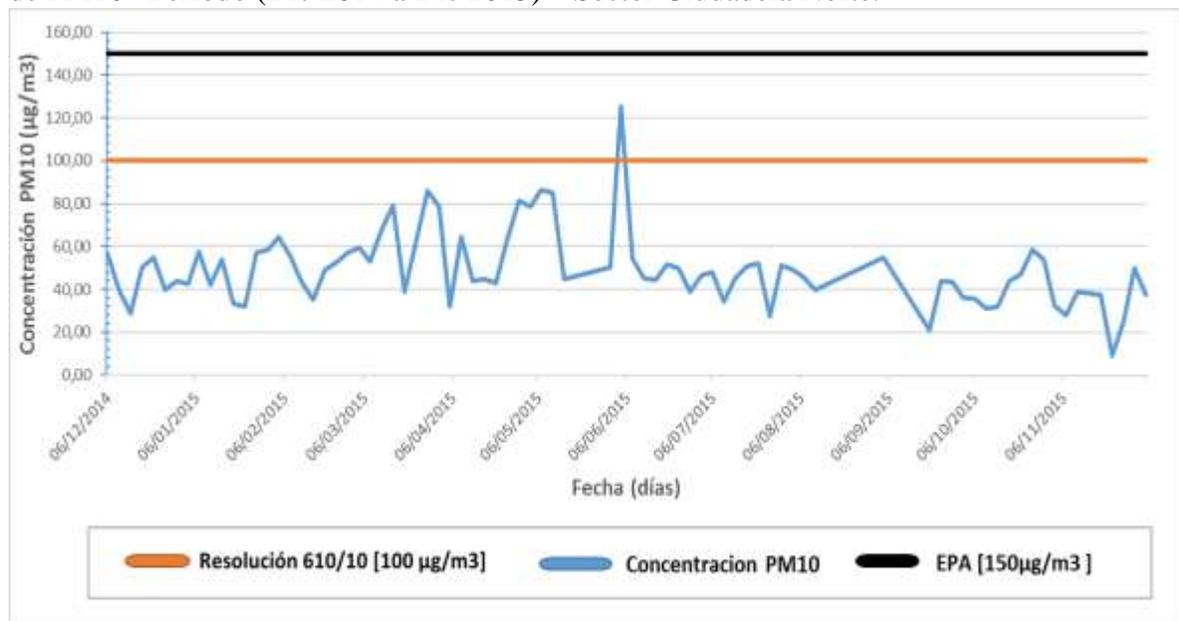
Fuente. El Autor, 2015.

Al analizar el comportamiento de las medias mensuales para el periodo de muestreo; se observa que la mayoría de meses se mantienen por debajo de los estándares nacionales de calidad del aire. Se destaca en la (grafica 1), que se presentan dos «picos» de contaminación durante los meses de marzo y mayo, correspondientes al periodo comprendido entre febrero-abril de 2015 y abril - junio de 2015, en los cuales superaron los estándares de calidad del

aire de la EPA y el límite máximo permisible establecido en la Resolución 610 de 2010, con una concentración de 64,11 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ y 68,98 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. A partir del mes de diciembre de 2014, se observa una elevación en la concentración de PM10 alcanzando picos máximos hasta el mes de junio; para luego observar una tendencia en declive hasta finalizar el periodo, pasando por leves elevaciones del contaminante sin sobrepasar los límites permisibles.

5.1.2 Promedios diarios de PM10. En la (grafica 2) se muestran los promedios de las concentraciones de PM10 para los días registrados (cada 3 días) del periodo de muestreo, así mismo, se toma como guía los valores establecidos por la agencia de protección ambiental EPA (150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) y la Resolución 610 de 2010 (24 horas-100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, anual-50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$).

Gráfica 2. Comportamiento de la concentración promedio diaria- (mediciones cada 3 días) de PM10– Periodo (Dic 2014 a Dic 2015) – Sector Ciudadela Norte.



Fuente. El Autor, 2015.

De la figura se aprecia que, el comportamiento en los promedios de concentración de PM10 para periodos de exposición diaria sobrepasó la concentración, pues hubo excedencias a la norma diaria de calidad del aire, en las que se rebasó el límite máximo permisible [100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$], con un valor de 125,53 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ registrado el día 6 de junio de 2015; siendo este último, el día con el nivel de concentración más elevado.

Solo las concentraciones presentadas durante algunos días de marzo, abril y junio estuvieron cerca al estándar

De igual modo, respecto al estándar de la calidad de aire establecido por la EPA de 150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$; se observó que las concentraciones de PM10 reportadas en el mismo periodo no excedieron los límites permisivos, manteniendo los promedios diarios muy por debajo de la misma.

Gráfica 4. Porcentaje del ICA, sector Ciudadela Norte, Dic 2014-Dic 2015.

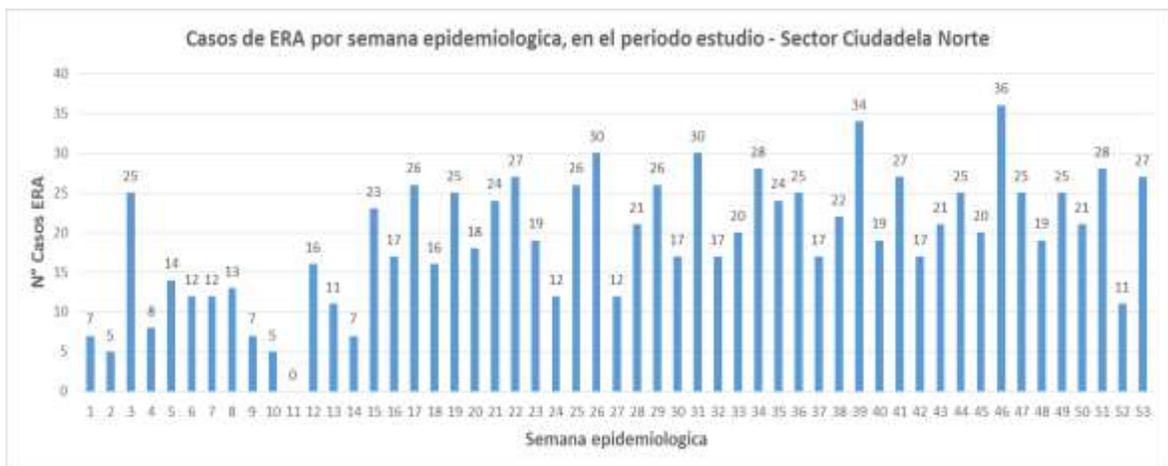


Fuente: El Autor, 2015.

Se muestran los porcentajes del total de datos, resultados del Índice de Calidad del Aire por PM10 para los días monitoreados durante el periodo de aforo. Los resultados del ICA demuestran que predomina la calidad del aire “Buena” con un 75%, sin embargo, la calidad del aire “Moderada” tiene un porcentaje significativo del 25%.

5.2 ANÁLISIS DE LA MORBILIDAD ATENDIDA EN SALAS ERA REPORTADOS POR IPS – ESE HOSPITAL EMIRO QUINTERO CAÑIZARES POR SEMANA EPIDEMIOLÓGICA, PERIODO DIC 6 DE 2014- DIC 4 DE 2015

Gráfica 5. Casos atendidos de ERA por semana epidemiológica, en el período estudio-Sector Ciudadela Norte.



Fuente: El Autor, 2015.

Al observar la gráfica y comparar las semanas, se puede ver un comportamiento que permite establecer la variación en el número de casos ERA presentados entre las diferentes semanas del periodo de estudio; muestra una tendencia general en los casos presentados cada semana, donde se registra una alta incidencia en el número de casos, seguido de valores más bajos para la siguiente semana.

La semana con el mayor número de casos ERA corresponde a la semana 46 de los días 13 al 20 de noviembre del 2015.

Cabe señalar que la semana 11 correspondiente a los días 16 al 20 de marzo de 2015 no se reportó ningún dato, por lo tanto, no fueron notificados en los registros de salud pública.

Gráfica 6. Casos atendidos ERA por mes, en el período estudio- Sector Ciudadela Norte.



Fuente. El Autor, 2015.

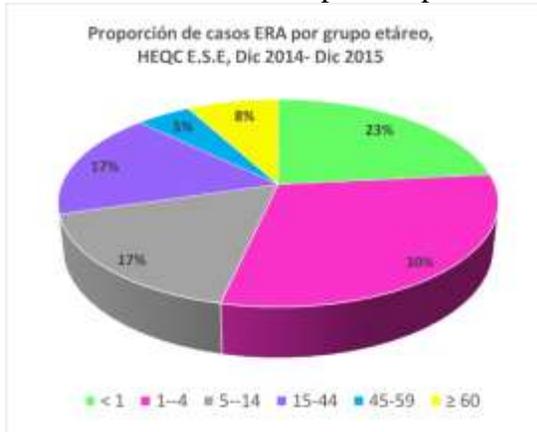
En el Hospital Emiro Quintero Cañizares durante el periodo de muestreo se atendieron un total de 1019 pacientes con Enfermedad Respiratoria Aguda (ERA) en los servicios de urgencia, hospitalización y consulta externa.

Los datos mostrados en la Grafica (6) corresponde al número total de casos atendidos durante cada mes en los que se observa el comportamiento de la serie ERA. Durante los primeros meses el número de casos es relativamente bajo, pero a partir del mes de marzo se presenta un aumento en el número de casos atendidos el cual permanece acentuado, presentando variaciones con una tendencia general en valores altos para un mes, con valores bajos para el siguiente mes; de la cual se puede concluir que las enfermedades respiratorias presentaron un aumento desde el mes de marzo hasta el mes de noviembre del año 2015.

Presentando el mayor número de atenciones a pacientes en salas ERA en el mes de octubre; y febrero como el mes con el menor número de casos atendidos

5.2.1 Morbilidad atendida en sala ERA del Hospital HEQC en el periodo estudio, presentada por diagnóstico y grupo etario. Teniendo en cuenta los grupos de edad asociados a los casos registrados por ERA, en la siguiente figura se presenta la distribución:

Gráfica 7. Proporción de casos ERA notificados por Grupo Etéreo, Dic 2014- Dic 2015.

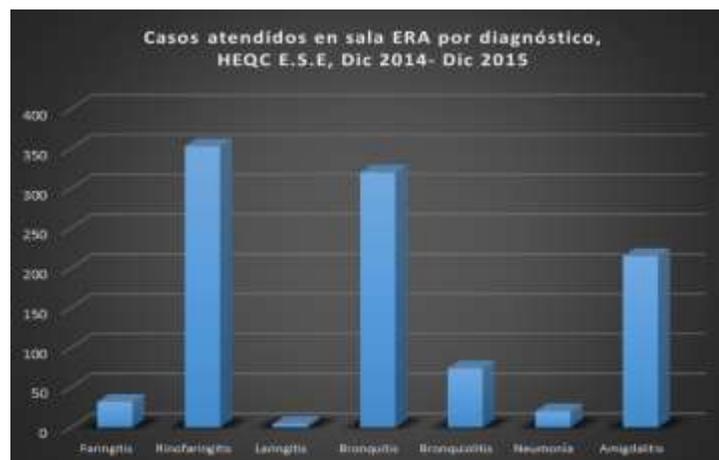


Fuente. El Autor, 2015.

Como se aprecia en la Grafica (7), al analizar la proporción de incidencia de casos por ERA, se observa que la proporción más alta se concentra principalmente entre los menores de 1 a 4 años (30%), seguido del grupo de los menores de 1 año con 23%, 5 a 14 años (17%), 15 a 44 años (17%); las personas de 45 a 59 aportan el 5% con la proporción más baja, seguido muy de cerca por las personas de 60 y más años con el 8% de los casos reportados.

Igualmente, para conocer el tipo de diagnóstico con mayor frecuencia registrado en salas ERA del Hospital EQC E.S.E, durante el periodo estudio; se presenta la siguiente gráfica:

Gráfica 8. Distribución de casos atendidos en sala ERA, por diagnóstico de atención, Dic 2014- Dic 2015.



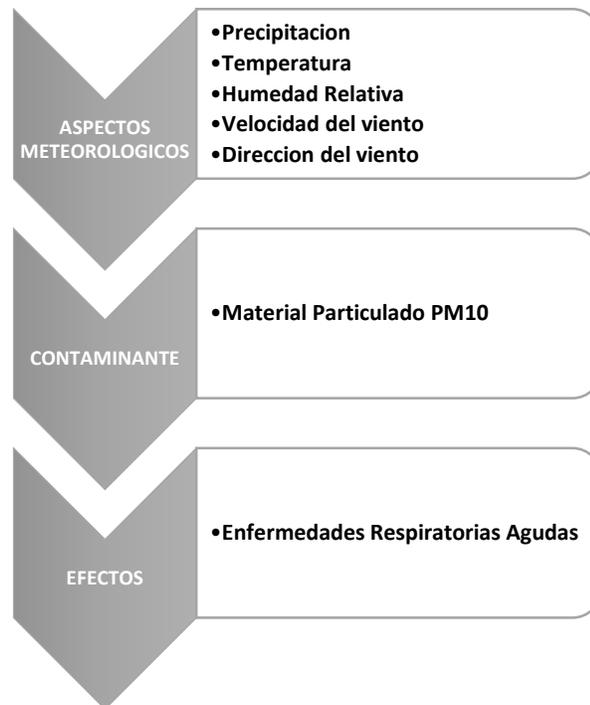
Fuente. El Autor, 2015.

Del total de casos ERA (1019 casos), de acuerdo a la distribución por diagnóstico (ver gráfica 8); se registró el mayor número de casos en cuanto a rinofaringitis (353 casos), seguido de bronquitis (320 casos) y amigdalitis (215 casos); mientras que enfermedades respiratorias como bronquiolitis (74 casos), faringitis (32 casos), neumonía (20 casos) y laringitis (4 casos) se presentaron con menor frecuencia.

5.3 ANÁLISIS DE DATOS METEOROLÓGICOS, SU INFLUENCIA SOBRE PM10 Y EFECTOS SOBRE ENFERMEDADES RESPIRATORIAS AGUDAS

El análisis y verificación del comportamiento de los datos meteorológicos con base en los datos suministrados por la estación meteorológica de la Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña sede Primavera, se presentan a continuación; con el fin de establecer si existe una relación entre la emisión de partículas (PM10) y cada una de las variables meteorológicas. En caso de evidenciarse alguna relación entre ambas, sus efectos se verán reflejados en el número de casos ERA.

Gráfica 9. Relación de las variables meteorológicas con material particulado PM10 y sus efectos en salud.



Fuente. El Autor, 2015.

Para lo cual se emplearon los promedios mensuales de las diferentes variables: Temperatura, Precipitación, Humedad y Velocidad del viento.

Cabe aclarar, que el porcentaje de datos se tomó teniendo en cuenta los registros desde el mes de febrero de 2015, pues la estación meteorológica comenzó a reportar datos a partir de ese mismo mes.

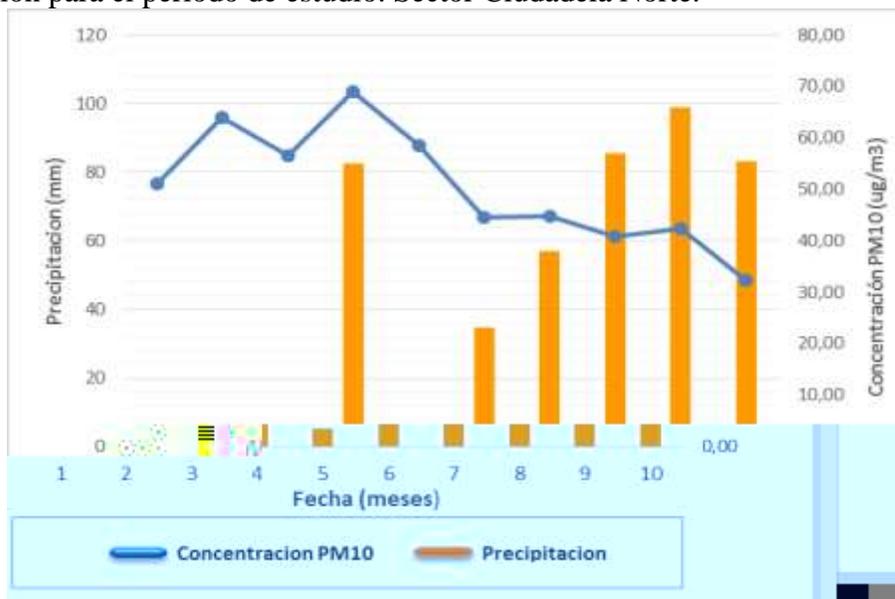
Con el fin de interpretar el grado de correlación o asociación entre las variables; se utilizó la siguiente escala, presentada en la Tabla 13.

Tabla 13. Correlación lineal entre dos variables

Respecto a los datos reportados, durante el inicio del año no se registraron precipitaciones. A partir del mes de julio hasta finalizar el periodo se presentaron precipitaciones, siendo de mayor intensidad los meses de septiembre, octubre y noviembre y meses como abril y junio donde las precipitaciones fueron escasas.

Al realizar la representación gráfica de los datos para demostrar si existe alguna relación entre PM10 y precipitación de lluvia para cada mes en el mismo periodo, se obtuvo lo siguiente:

Gráfica 10. Comportamiento mensual de la concentración de PM10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) Vs Precipitación para el periodo de estudio. Sector Ciudadela Norte.



Fuente. El Autor, 2015.

Al comparar los meses julio a noviembre, se observó un aumento en la precipitación; la cual no se relacionó con el contaminante PM10, pues hubo una disminución de éste en esa misma serie de tiempo. Lo anterior es corroborado con el resultado de coeficiente de correlación, el cual indica una correlación negativa débil.

Tabla 15. Correlación entre Precipitación y Concentración PM10.

Coeficiente de Correlación	
	Concentración PM10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Precipitación (mm)	-0,483747

Fuente. El Autor, 2015.

El resultado no es consistente con lo esperado, pues se considera que un aumento en la precipitación favorece la remoción del contaminante, conlleva al lavado de la troposfera, arrastran parte de los contaminantes hacia el suelo y por lo tanto produce una disminución en la concentración de PM10.

Con base en lo anterior, para este estudio se puede afirmar que un aumento o disminución de lluvias no es un factor que influya en el aumento de las concentraciones de material particulado.

5.3.2 Temperatura. En la tabla 16 se presentan las temperaturas promedio para cada mes, donde la temperatura promedio anual registrada en la estación fue de 197,2°C.

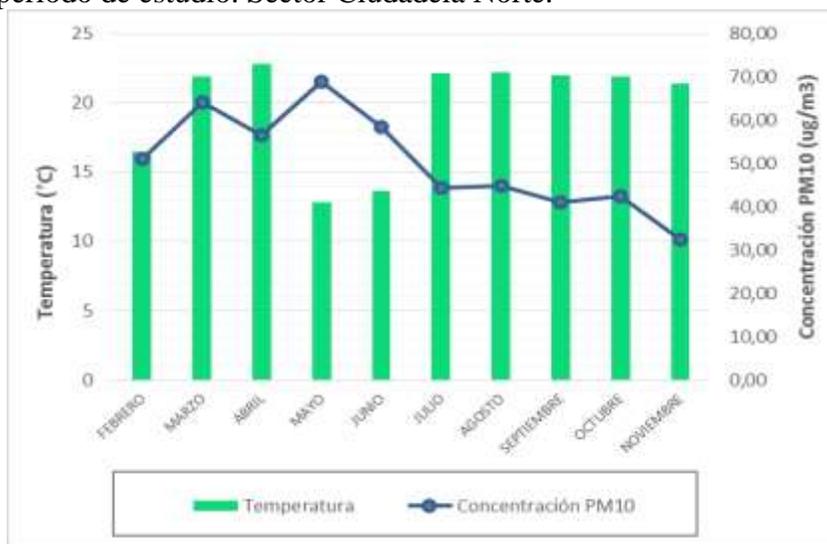
Tabla 16. Temperatura promedio mensual (°C), estación UFPSO sede primavera, Feb– Nov (2015).

Promedio mensual de PM10 (µg/m3) y Temperatura (°C) periodo Feb- Nov (2015)		
MESES (2015)	PM10	TEMPERATURA
FEBRERO	51,06	16,5
MARZO	64,11	21,90
ABRIL	56,48	22,8
MAYO	68,98	12,8
JUNIO	58,50	13,6
JULIO	44,46	22,1
AGOSTO	44,80	22,2
SEPTIEMBRE	40,90	22
OCTUBRE	42,40	21,9
NOVIEMBRE	32,38	21,4
PROMEDIO ANUAL		197,2

Fuente. El Autor, 2015.

Al realizar la representación gráfica de los datos de las variables, Se puede observar en la gráfica que la variación de la temperatura promedio mensual no supera los 23°C.

Gráfica 11. Comportamiento mensual de la concentración de PM10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) Vs Temperatura ($^{\circ}\text{C}$) para el periodo de estudio. Sector Ciudadela Norte.



Fuente. El Autor, 2015.

De acuerdo a la gráfica 11, el comportamiento de la temperatura durante los primeros meses de febrero a abril, se registra un pico en la temperatura, alcanzando un máximo de $22,8^{\circ}\text{C}$. En el mes de julio aparece un segundo pico con una temperatura de $22,1^{\circ}\text{C}$ manteniéndose casi constante durante los siguientes meses hasta finalizar el periodo. Las temperaturas mínimas registradas se obtuvieron durante los meses de mayo y junio con $12,8^{\circ}\text{C}$ y $3,6^{\circ}\text{C}$. Al evaluar la comparación entre PM10 y temperatura solo un pico de contaminación presentado en el mes de marzo coincide con un aumento de temperatura donde se presentaron concentraciones de PM10 por encima de los límites permisibles ($50 \mu\text{g}/\text{m}^3$), pero luego se observa una relación inversa entre ambas variables.

Tabla 17. Correlación entre Temperatura y Concentración PM10.

Coeficiente de Correlación	
	Concentración PM10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Temperatura ($^{\circ}\text{C}$)	-0,57444491

Fuente. El Autor, 2015.

Así mismo, según el coeficiente de correlación indica que entre ambas variables existe una correlación negativa moderada; es decir, se manifiesta una relación inversa entre temperatura y concentraciones de PM10; lo cual no resulta lógico con lo esperado; pues en periodos calientes donde la temperatura es mayor favorece la resuspensión del polvo del suelo y por lo tanto hay un aumento del PM10.

5.3.3 Humedad relativa. A continuación, realiza un análisis de humedad relativa promedio con las concentraciones de PM10 para cada mes.

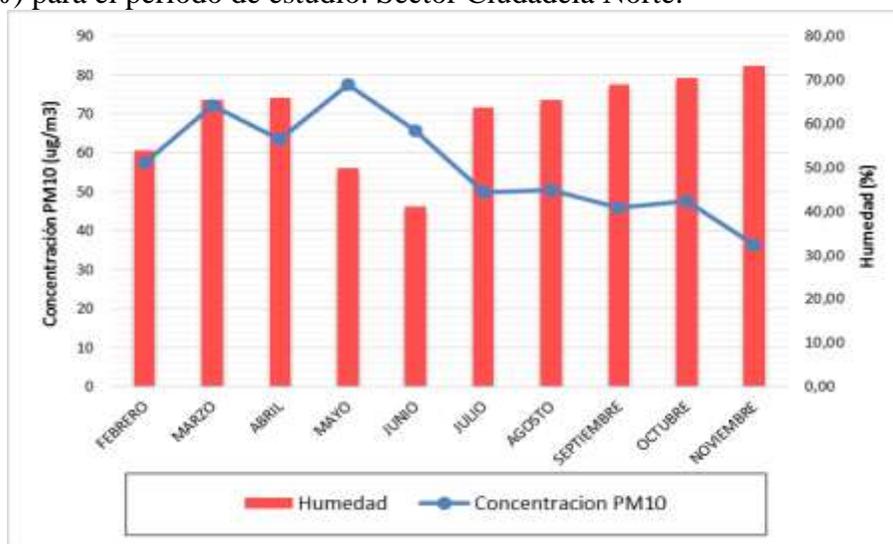
Tabla 18. Humedad relativa mensual (%), estación UFPSO sede primavera, Feb– Nov (2015).

Promedio mensual de PM10($\mu\text{g}/\text{m}^3$) y Humedad relativa (%) periodo Feb- Nov (2015)		
MESES (2015)	PM10	HUMEDAD
FEBRERO	51,06	60,7
MARZO	64,11	73,5
ABRIL	56,48	74,20
MAYO	68,98	56,20
JUNIO	58,50	46,30
JULIO	44,46	71,60
AGOSTO	44,80	73,70
SEPTIEMBRE	40,90	77,60
OCTUBRE	42,40	79,30
NOVIEMBRE	32,38	82,30
PROMEDIO ANUAL		695,4

Fuente. El Autor, 2015.

Los resultados de los promedios mensuales de PM10 y humedad, que aparecen en la Tabla 18. Muestran que la mayoría de meses tiene un porcentaje (%) de humedad elevado (meses más fríos), siendo mayo y junio los meses que presentan los menores valores (meses más cálidos).

Gráfica 12. Comportamiento mensual de la concentración de PM10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) Vs Humedad relativa (%) para el periodo de estudio. Sector Ciudadela Norte.



Fuente. El Autor, 2015.

En la gráfica 12, Los resultados de la comparación de las concentraciones de PM10, obtenidas con la humedad relativa; reflejan un comportamiento inverso en casi todo el periodo de análisis, pues al aumentar la humedad relativa disminuyen las concentraciones de PM10 y viceversa; solo se observa una relación en el mes de marzo donde se presenta el primer pico de contaminación con la humedad relativa.

Tabla 19. Correlación entre Precipitación y Concentración PM10.

Coeficiente de Correlación	
	Concentración PM10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Humedad relativa (%)	-0,66056883

Fuente. El Autor, 2015.

Respecto al coeficiente de correlación, la humedad relativa presenta una relación negativa fuerte con el PM10; se evidencia una relación inversa entre ambas. Esto en congruencia con el análisis hecho en la gráfica. El resultado no concuerda con la base teórica, ya que la humedad relativa influye sobre el PM10, facilita la suspensión de este sobre el suelo y dificulta que estas partículas sean transmitidas en el aire.

Para tal efecto, se puede afirmar que la humedad relativa no es un factor influyente en el aumento de la concentración de material particulado en este análisis.

5.3.4 Velocidad del viento. Al respecto de velocidad de viento, se presenta en la Tabla (20) la velocidad de viento promedio mensual.

Tabla 20. Velocidad de viento promedio mensual, estación UFPSO sede primavera, Feb–Nov (2015)

Promedio mensual de PM10($\mu\text{g}/\text{m}^3$) y Velocidad del viento, periodo Feb- Nov (2015)			
MESES (2015)	PM10	Velocidad del viento (m/s)	Velocidad del viento (Km/h)
FEBRERO	51,06	2500	2,5
MARZO	64,11	5900	5,9
ABRIL	56,48	5400	5,4
MAYO	68,98	3700	3,7
JUNIO	58,50	4300	4,3
JULIO	44,46	3700	3,7
AGOSTO	44,80	2800	2,8
SEPTIEMBRE	40,90	2300	2,3
OCTUBRE	42,40	1300	1,3
NOVIEMBRE	32,38	2000	2
PROMEDIO ANUAL		33900	33,9

Fuente. El Autor, 2015.

Con el fin de evaluar la velocidad del viento, se utiliza la escala de Beaufort (Tabla 21) con su respectivo código de colores:

Tabla 21. Escala de Beaufort.

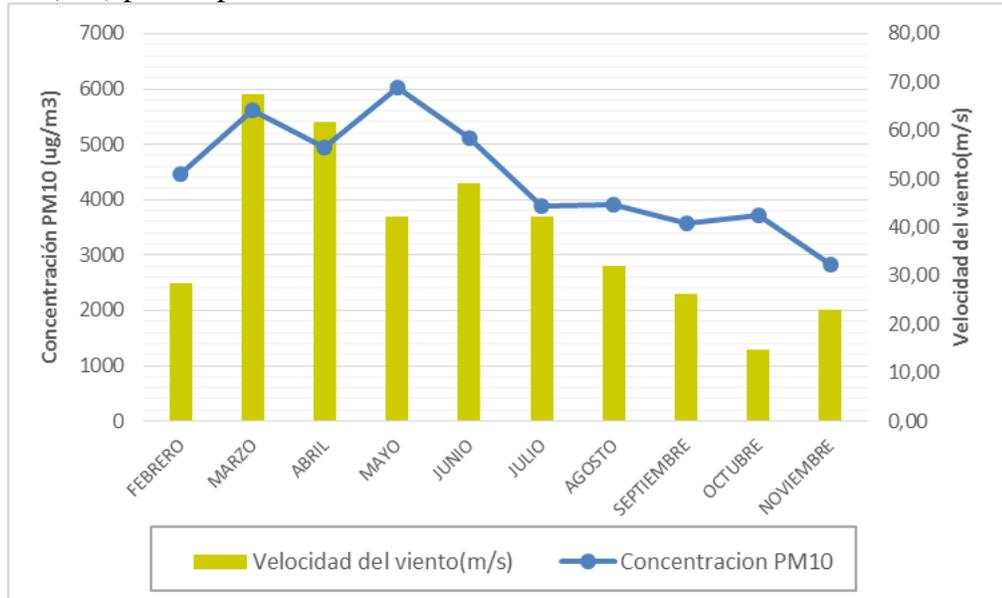
Escala Beaufort	Descripción	Velocidad del viento	
		Km/h	m/s
0	calma	<1	<0.3
1	Ventolina	1.1-11	0.3-1.5
2	Brisa muy débil	5.6-11	1.6-3.4
3	Brisa débil	12-19	3.4-5.4
4	Brisa moderada	20-28	5.5-7.9
5	Brisa fresca	29-38	8.0-10.7
6	Brisa fuerte	39-49	10.8-13.8
7	Viento fuerte	50-61	13.9-17.1
8	Viento duro, vendaval	62-74	17.2-20.7
9	Viento muy duro	75-88	20.8-24.4
10	Temporal duro	89-102	24.5-28.4
11	Borrasca	103-107	28.5-32.6
12	Huracán	>118	>32.7

Fuente. Frigiliana: Información meteorológica en vivo-Informes de viento.

Durante el periodo de aforo según la escala de Beaufort, los vientos de ventolina fueron los más predominantes; para el mes de marzo (brisa muy débil) siendo la de mayor intensidad con la velocidad mayor registrada y para el mes de octubre se registró la velocidad menor que corresponde a vientos de calma.

Como se evidencia en la Grafica 13, las velocidades promedio mensuales más altas se registraron durante los meses de marzo y abril alcanzando valores entre 5900 y 5400 m/s. Al evaluar el comportamiento de ambas variables, se observa que al aumentar la concentración de PM10 la velocidad del viento es baja (obsérvese para los tiempos de: abril-junio, julio-agosto y septiembre-noviembre).

Gráfica 13. Comportamiento mensual de la concentración de PM10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) Vs Velocidad de viento (m/s) para el periodo de estudio. Sector Ciudadela Norte.



Fuente. El Autor, 2015.

Tabla 22. Correlación entre Velocidad de viento y Concentración PM10.

Coeficiente de Correlación	
	Concentración PM10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Velocidad de viento (m/s)	0,73374016

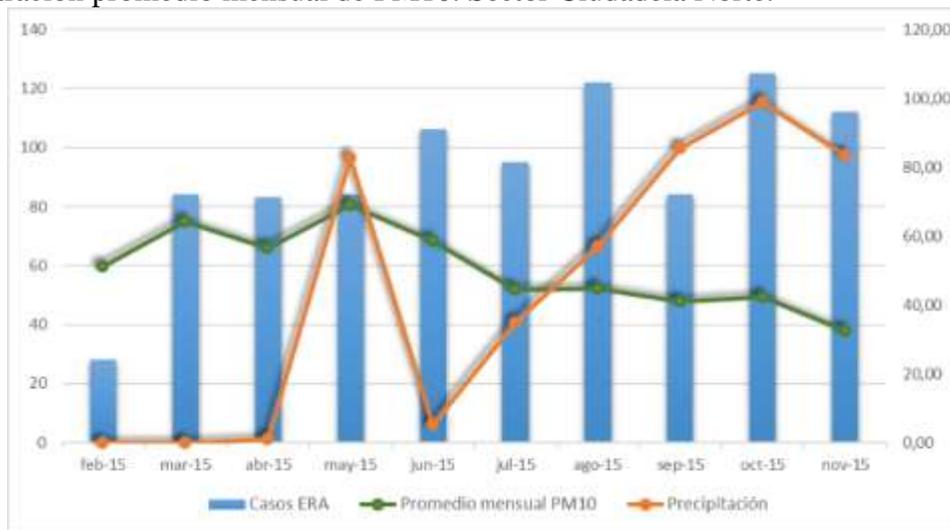
Fuente. El Autor, 2015.

Lo anterior es congruente con el coeficiente de correlación, pues muestra una relación positiva moderada entre las dos variables. Indicando así, que el viento incide sobre el comportamiento de la concentración de material particulado en el aire, siendo un factor influyente sobre este.

El resultado es el esperado, pues según la base teórica altos valores en la concentración del contaminante del aire ocurren al presentarse bajo flujo de vientos; pues al aumentar la velocidad del viento hay mayor dispersión del contaminante lo que conlleva a una disminución en la concentración de PM10.

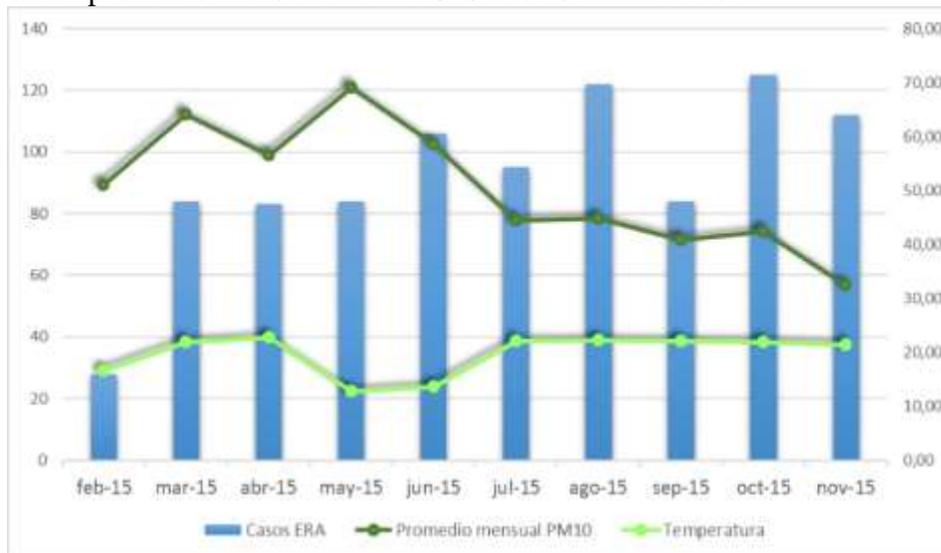
5.3.5 Análisis de la relación variables meteorológicas (Precipitación, Temperatura y Humedad Relativa) con material particulado PM10 y sus efectos en salud. De acuerdo a lo anteriormente descrito, los picos de contaminación de PM10 y su comportamiento en toda la serie de tiempo; no coinciden con los diferentes fenómenos climáticos; por lo tanto, no se ve reflejado en el aumento en el número de casos ERA presentados (ver graficas 14, 15 y 16).

Gráfica 14. Comportamiento de la Enfermedad Respiratoria Vs Precipitación mensual y Concentración promedio mensual de PM10. Sector Ciudadela Norte.



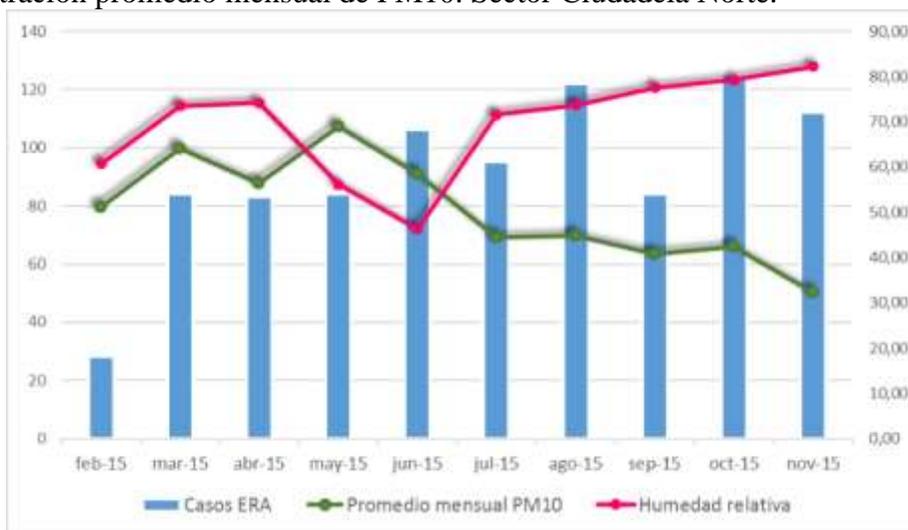
Fuente. El Autor, 2015.

Gráfica 15. Comportamiento de la Enfermedad Respiratoria Vs Temperatura mensual y Concentración promedio mensual de PM10. Sector Ciudadela Norte.



Fuente. El Autor, 2015.

Gráfica 16. Comportamiento de la Enfermedad Respiratoria Vs Humedad Relativa mensual y Concentración promedio mensual de PM10. Sector Ciudadela Norte.

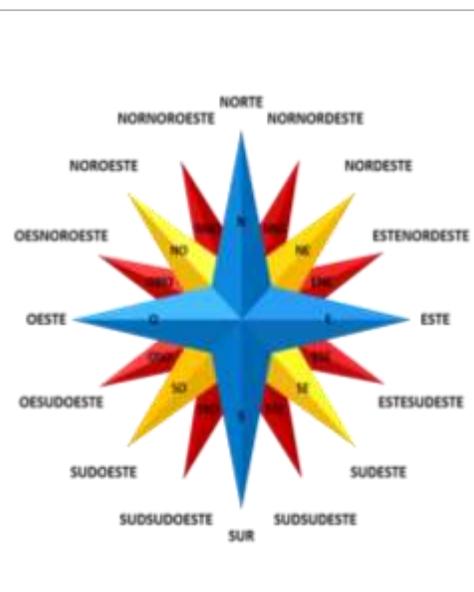


Fuente. El Autor, 2015.

5.3.6 Dirección del viento. A continuación, el análisis de la dirección del viento para cada mes e ilustración de cada una de las rosas de vientos y la frecuencia de ocurrencia de los vientos, en el periodo estudio. Cabe resaltar que las gráficas fueron elaboradas con base en los datos suministrados por la red de monitoreo de la calidad del aire UFPS Ocaña – Corponor, Utilizando el programa WRPLOT VIEW, teniendo en cuenta la distribución direccional del viento según el rumbo (ver Tabla 22).

Tabla 23. Rumbos - rosa de vientos.

1	NNE	Norte Noreste	22.50°
2	NE	Noreste	45.00°
3	ENE	Este Noreste	67.50°
4	E	Este	90.00°
5	ESE	Este Sudeste	112.50°
6	SE	Sudeste	135.00°
7	SSE	Sur Sudeste	157.00°
8	S	Sur	180.00°
9	SSO	Sur Sudoeste	202.50°
10	SO	Sudoeste	225.00°
11	OSO	Oeste Sudoeste	247.50°
12	O	Oeste	270.00°
13	ONO	Oeste Noroeste	292.50°
14	NO	Noroeste	315.00°
15	NNO	Norte Noroeste	337.50°
16	N	Norte	360.00°



Fuente. Rosa de los Vientos- documents.mx.

Tabla 24. Análisis Rosa de Vientos y frecuencia de ocurrencia, Marzo (2015), estación UFPSO sede Primavera.

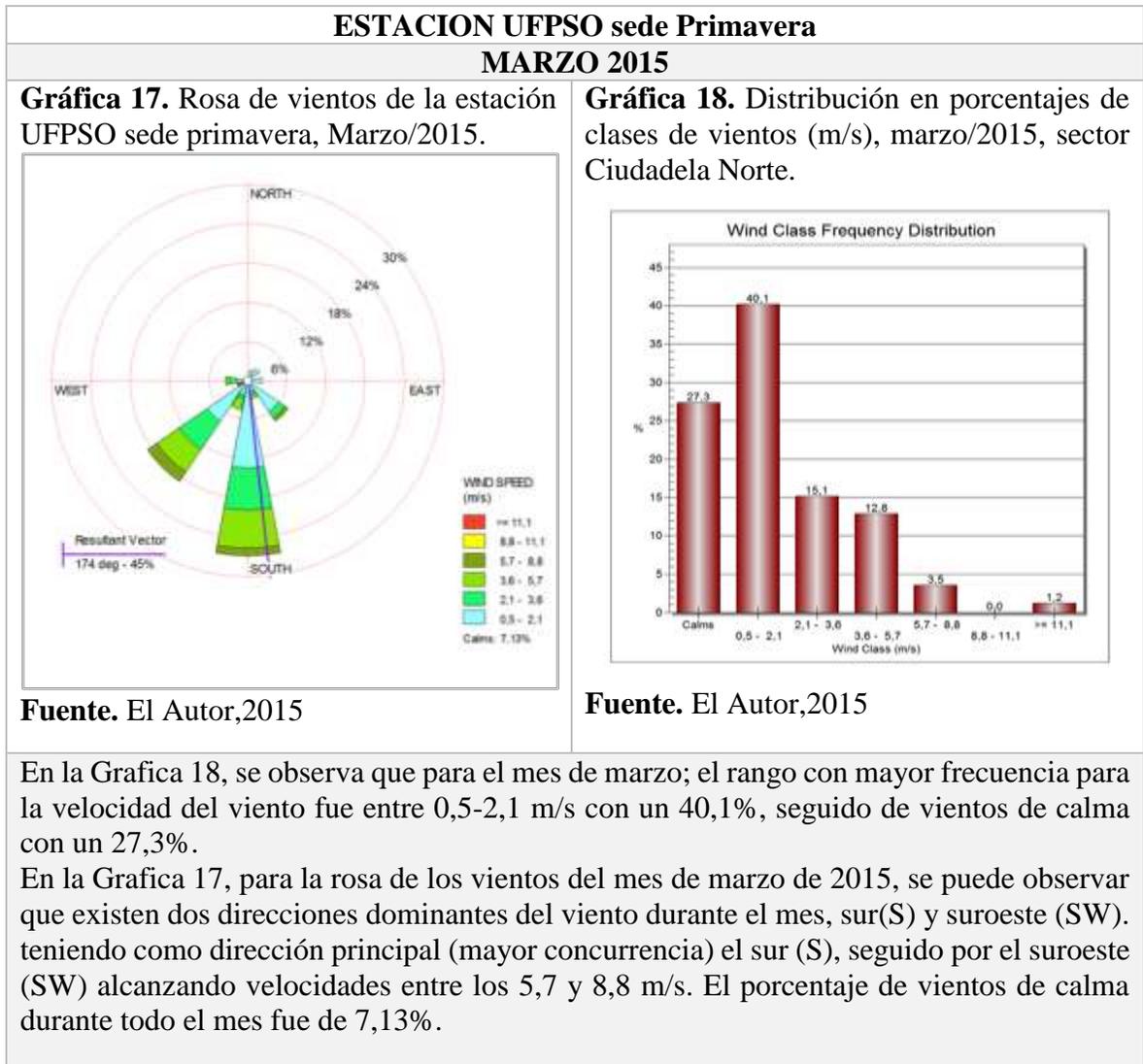


Tabla 25. Análisis Rosa de Vientos y frecuencia de ocurrencia, Abril (2015), estación UFPSO sede Primavera.

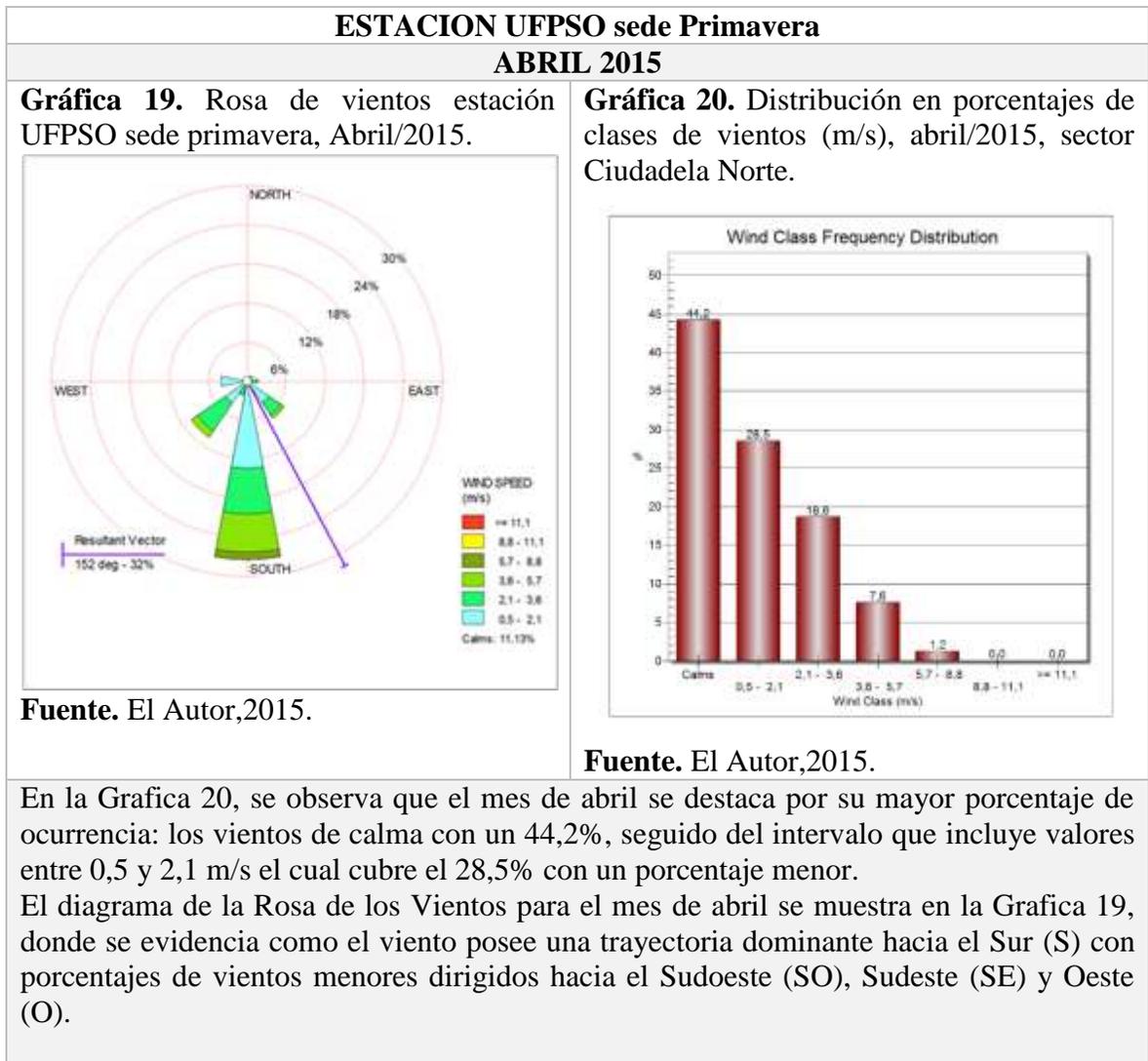


Tabla 26. Análisis Rosa de Vientos y frecuencia de ocurrencia, período Mayo-Noviembre (2015), estación UFPSO sede Primavera.

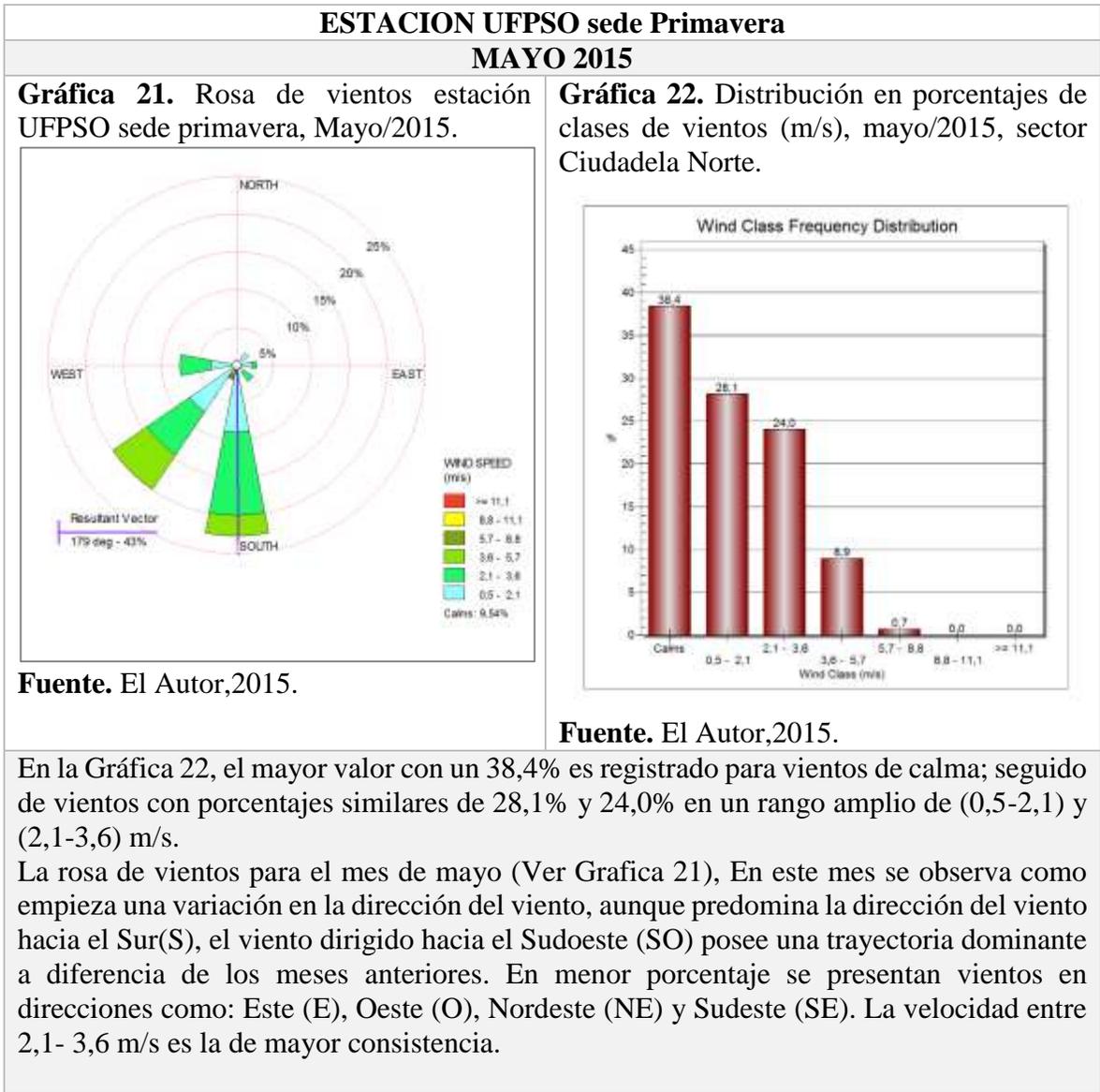


Tabla 27. Análisis Rosa de Vientos y frecuencia de ocurrencia, Junio (2015), estación UFPSO sede Primavera.

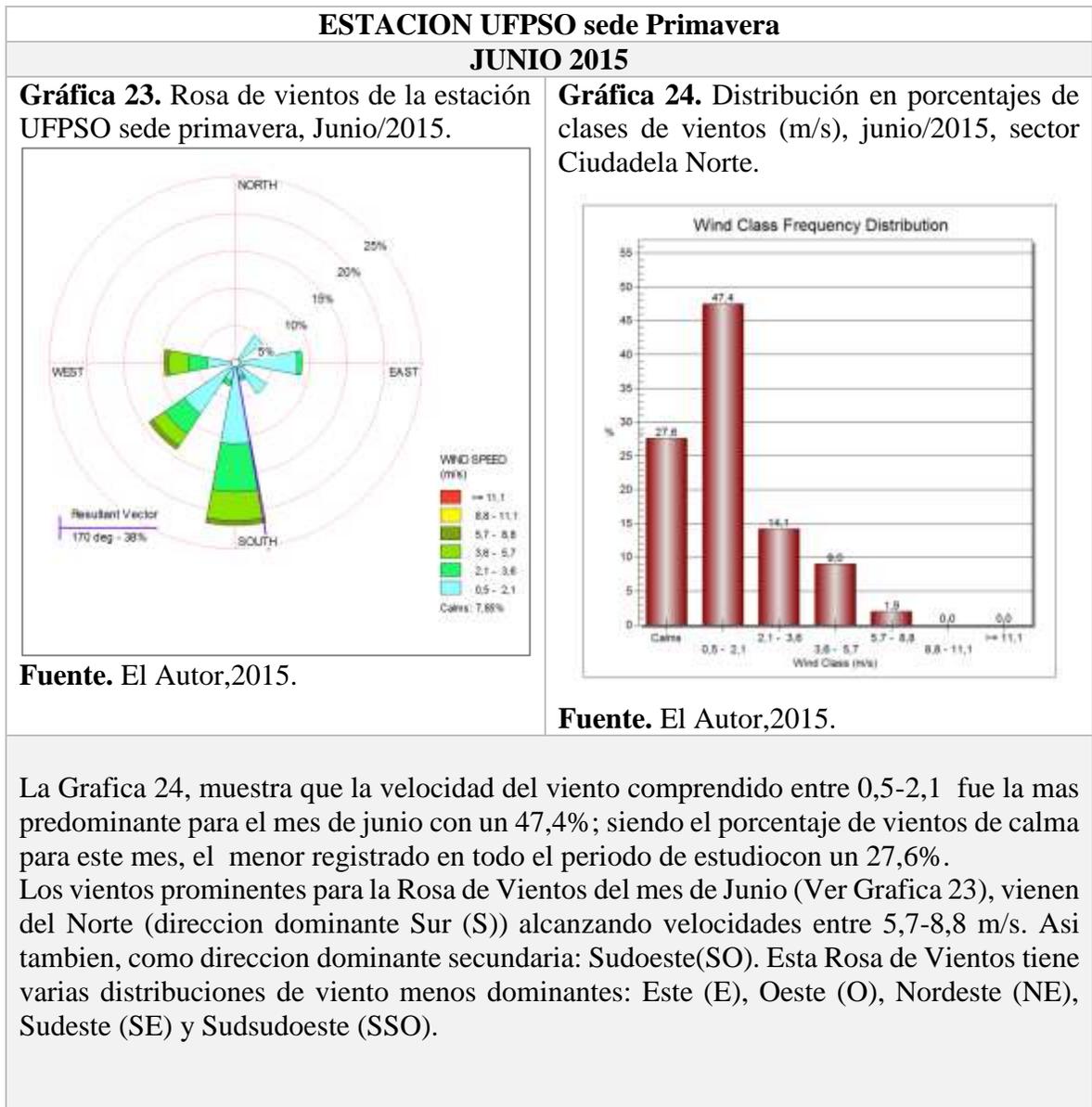


Tabla 28. Análisis Rosa de Vientos y frecuencia de ocurrencia, Julio (2015), estación UFPSO sede Primavera.

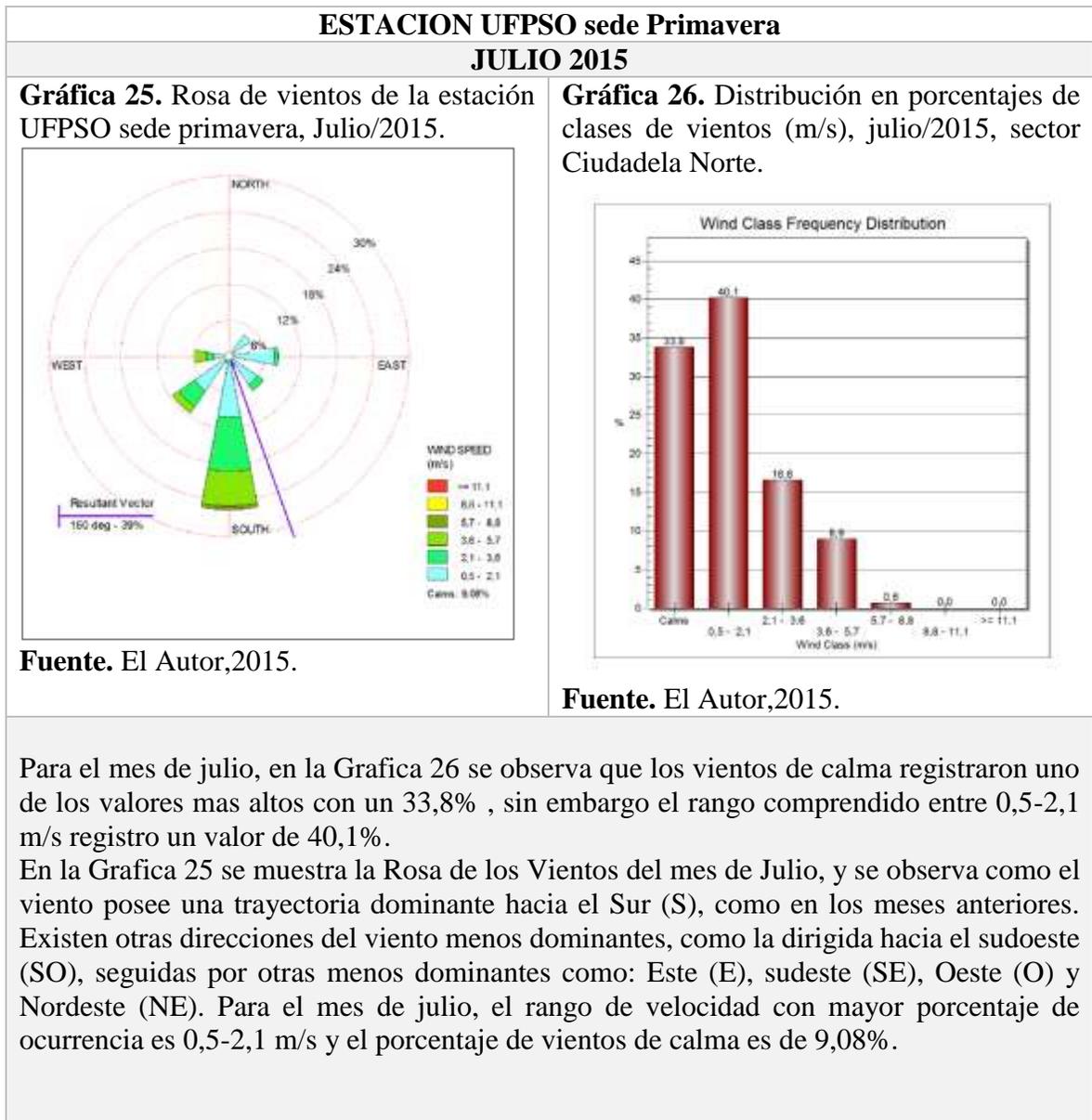


Tabla 29. Análisis Rosa de Vientos y frecuencia de ocurrencia, Agosto (2015), estación UFPSO sede Primavera.

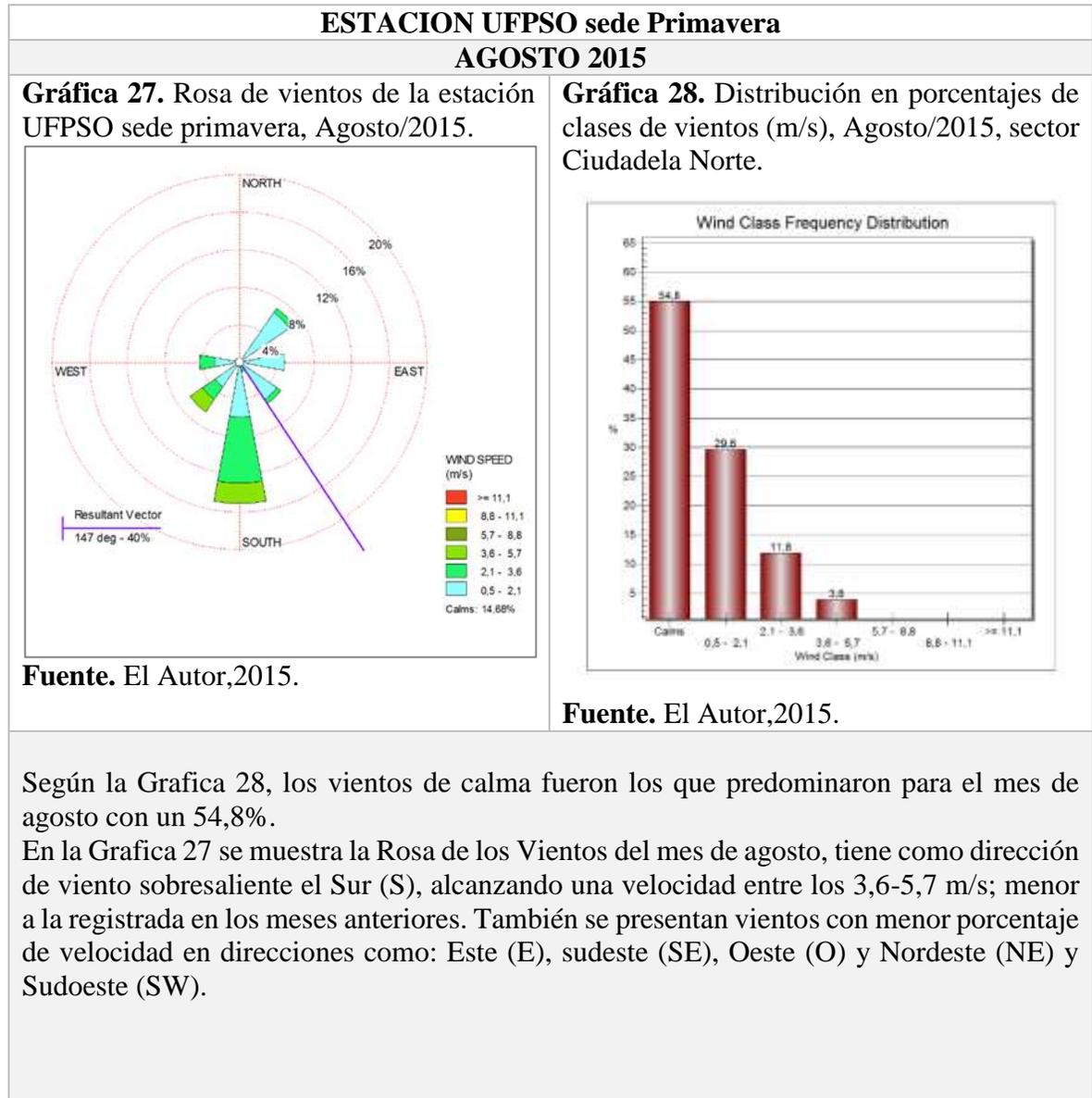
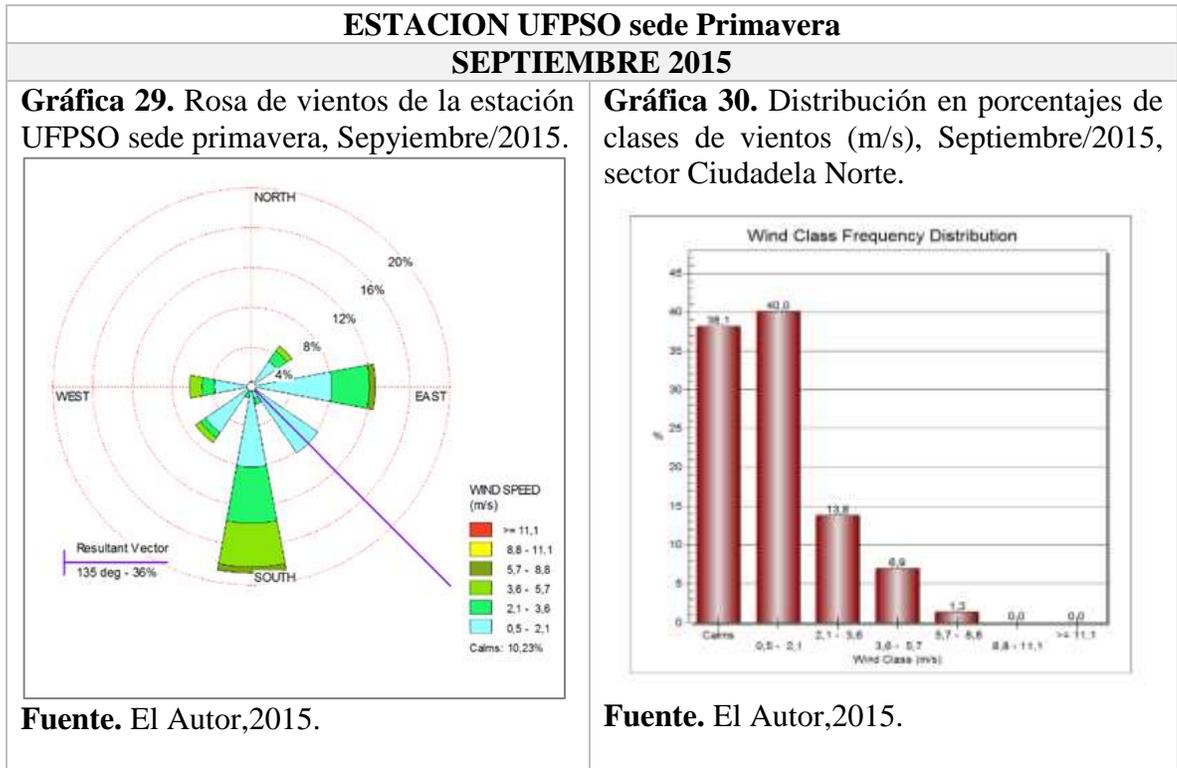


Tabla 30. Análisis Rosa de Vientos y frecuencia de ocurrencia, Septiembre (2015), estación UFPSO sede Primavera.



En la Grafica 30 se oobserva que para el mes de septiembre el rango comprendido entre los vientos de calma y 0,5-2,1 m/s registran los valores de porcentaje mas altos. La Rosa de Vientos para el mes de septiembre (Ver Grafica 29) tiene como direccion dominante el Sur (S) y como direccion dominate en menor medida el Este (E) lo que hace que este mes difiera de los demas pues se encuentra una direccion dominate secundaria hacia esa direccion. Y como direcciones con menor concurrencia: Sudeste (SE), Sudoeste (SO), Este (E) y Nordeste (NE).

Fuente. El Autor,2015.

Tabla 31. Análisis Rosa de Vientos y frecuencia de ocurrencia, Octubre (2015), estación UFPSO sede Primavera.

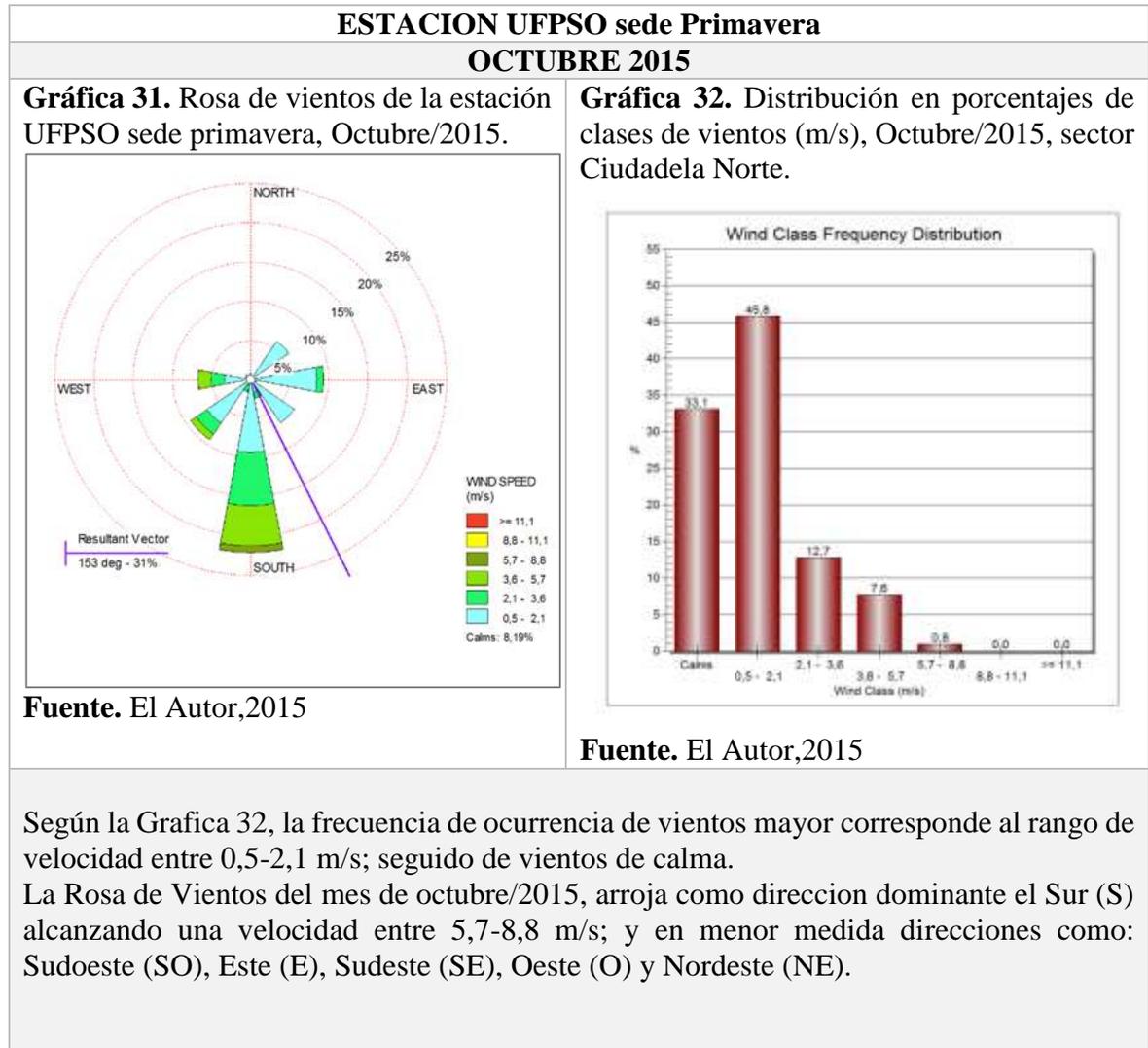


Tabla 32. Análisis Rosa de Vientos y frecuencia de ocurrencia, Noviembre (2015), estación UFPSO sede Primavera.

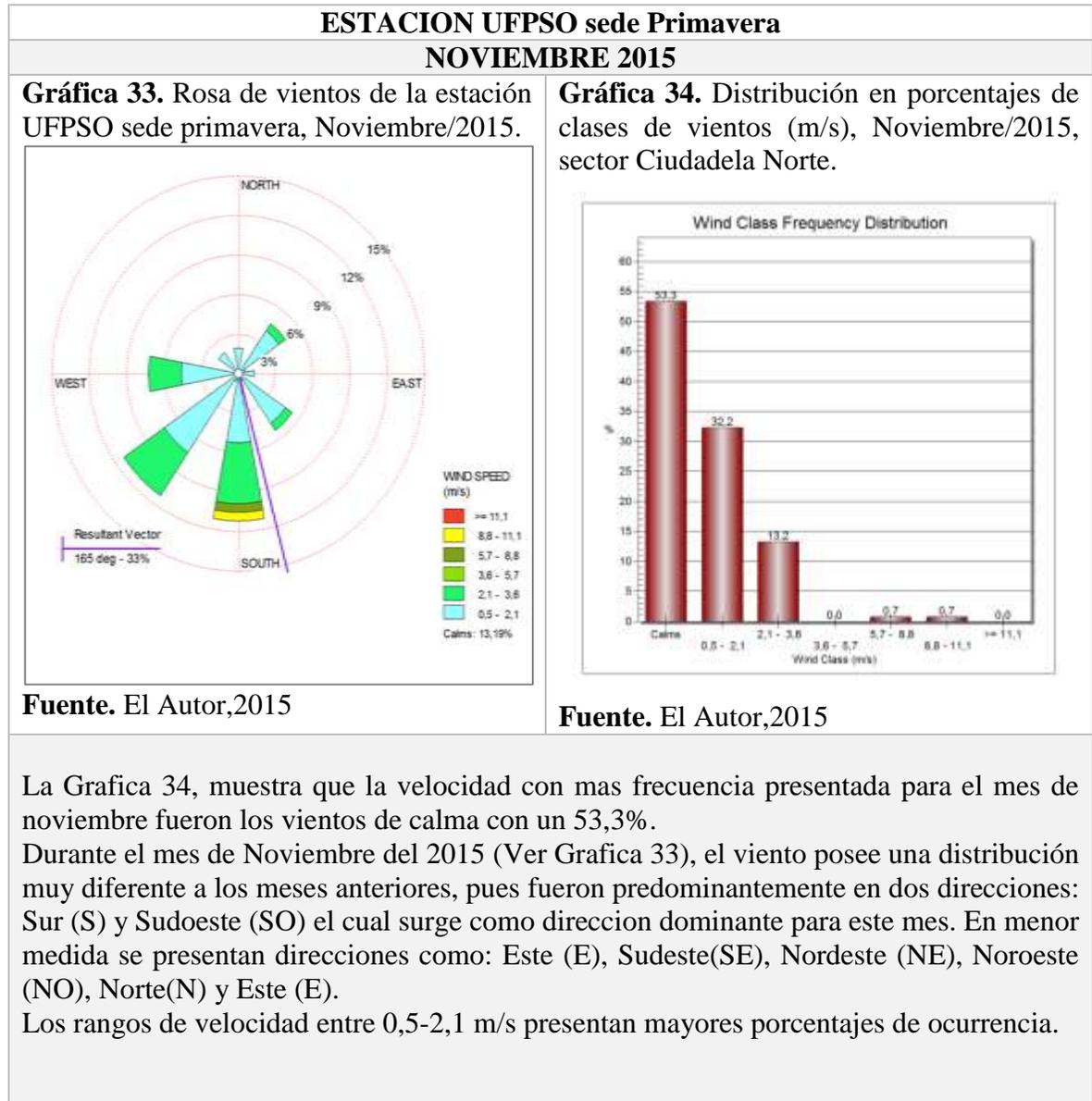
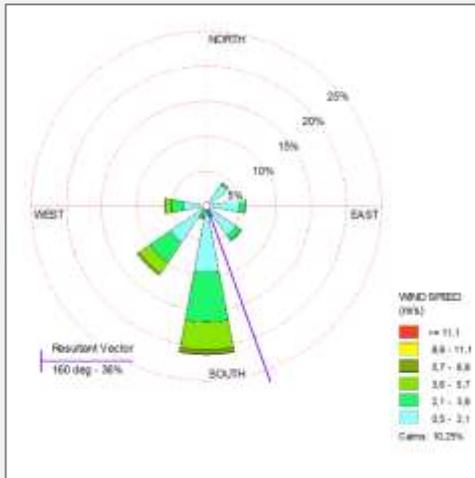


Tabla 33. Promedio rosa de vientos y frecuencia, de la estación UFPSO sede primavera, periodo Marzo-Noviembre (2015).

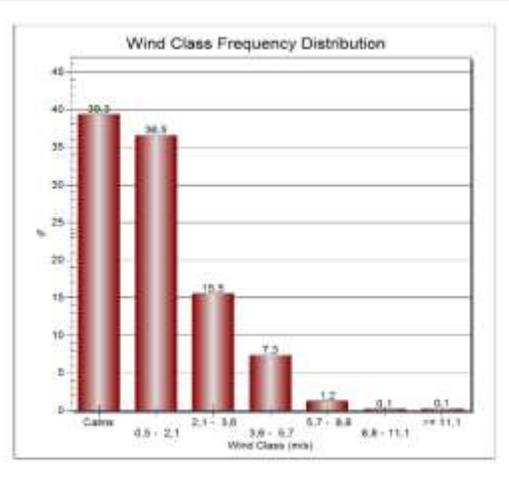
PROMEDIO ROSA DE VIENTOS Y FRECUENCIA, PERIODO MARZO-NOVIEMBRE (2015)

Gráfica 35. Promedio Rosa de vientos de la estación UFPSO sede primavera, periodo Mar-Nov (2015), sector Ciudadela Norte.



Fuente. El Autor,2015.

Gráfica 36. Distribución en porcentajes de clases de vientos (m/s), periodo Mar-Nov (2015), sector Ciudadela Norte.



Fuente. El Autor,2015.

La Grafica 35, muestra el promedio total de la rosa de vientos del periodo Mar-Nov (2015), en la que se observa claramente una tendencia del viento hacia el sur (S) proveniente del norte; es decir, hay una mayor ocurrencia de vientos hacia esa dirección, alcanzando velocidades entre los 5,7 y 8,8 m/s. El análisis efectuado cada mes, evidencia este mismo comportamiento con una dirección del viento hacia el sur predominante. Cabe señalar según la gráfica, que hay cierta cantidad de viento con una variación que no siempre va dirigida hacia esa dirección, pues existen otras direcciones durante el periodo, siendo la dirección dominante secundaria el suroeste (SW). El rango de velocidad entre 0,5-2,1 m/s ocurre con mayor frecuencia y el rango entre 5,7-8,8 m/s ocurre con menor frecuencia. El porcentaje de vientos de calma fue de 10,25%.

Lo anterior implica, que las partículas de PM10 serán arrastradas hacia estas direcciones, afectando a la población que, con base en este factor meteorológico, reside en el sector Ciudadela norte.

Fuente. El Autor,2015.

5.4 ANÁLISIS DE LOS PROMEDIOS MENSUALES DE PM10 VS MORBILIDAD POR ENFERMEDAD RESPIRATORIA AGUDA, DURANTE LOS MESES DIC (2014-2015)

Para determinar si existe alguna relación entre las concentraciones mensuales de PM10 registradas durante el periodo Dic (2014-2015) en la estación santa clara y las admisiones hospitalarias por enfermedades respiratorias, reportadas cada mes por la IPS-Hospital EQC; se compararon entre si las variables mediante representación gráfica y adicionalmente se realizó la prueba de correlación.

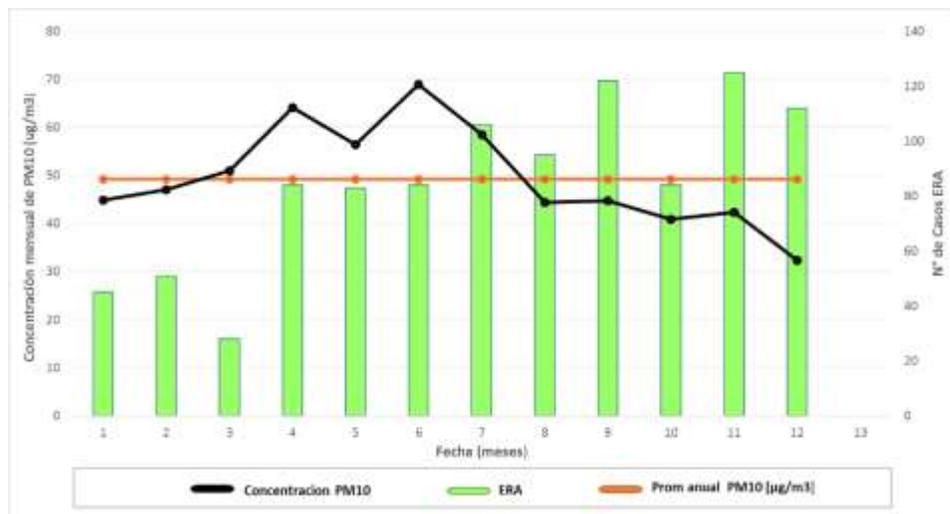
Las variables consideradas fueron las siguientes:

Tabla 34. Variables comparativas.

Variable 1	Variable 2
Concentración material particulado PM10	Enfermedades respiratorias agudas

Fuente. El Autor, 2015.

Gráfica 37. Comportamiento de material particulado PM10 vs Casos de Enfermedad Respiratoria, Hospital EQC E.S.E. Dic (2014-2015). Sector Ciudadela Norte.



Fuente. El Autor, 2015.

Como se evidencia en la gráfica (37), se presentan inconsistencias en cuanto a relación tanto en ERA como en la concentración del contaminante durante todo el periodo; a pesar de que hubo episodios de contaminación en los meses de marzo y mayo donde sobrepasaron la norma; esto no se relaciona con el aumento en el número de casos por ERA para las mismas fechas.

Así mismo, se realizó la prueba de correlación indicando una correlación negativa débil o muy baja entre estas.

Tabla 35. Correlación entre No. Casos ERA y Concentración PM10.

Coeficiente de Correlación	
	Concentración PM10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
No. Casos ERA	-0,182567

Fuente. El Autor, 2015.

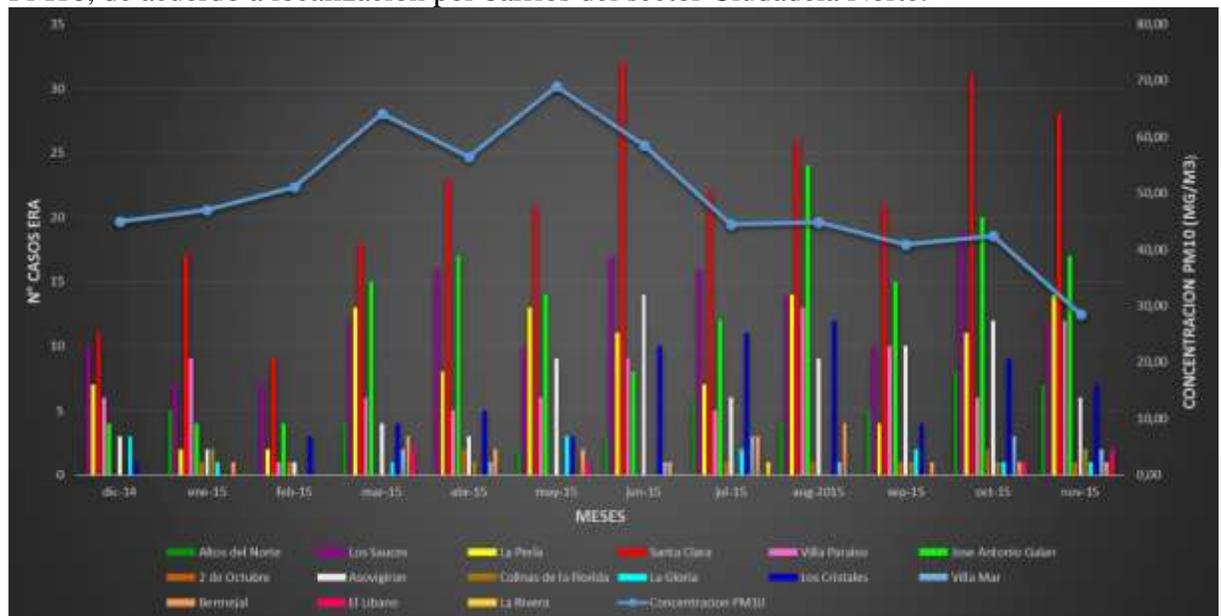
El valor del coeficiente de correlación, indica que entre ambas variables la relación es inversa, es decir que cuando aumenta la concentración de PM10 la otra disminuye.

Lo anterior contradice la información suministrada en el marco teórico constituida como guía en este estudio. Debido a que el aumento en la concentración por PM10 generó una disminución en los casos por ERA y viceversa; Por lo tanto, se puede concluir para este estudio, que un aumento en la concentración del contaminante no ocasiona efectos adversos sobre la salud respiratoria y por lo tanto no se refleja en las manifestaciones clínicas.

5.4.1 Análisis de los promedios mensuales de PM10 vs Morbilidad por enfermedad respiratoria aguda, por meses según localización (barrios) -sector Ciudadela Norte. Teniendo en cuenta que la dirección del viento y sus velocidades son uno de los factores que influyen en la dispersión de los contaminantes.

De acuerdo a los resultados de velocidad de viento, en el que se evidencio una concordancia entre disminución de PM10 cuando se observan altas velocidades de viento y el análisis del índice de calidad del aire para el sector Ciudadela Norte el cual presentó un porcentaje anual del 25% clasificado como moderado, afectando la calidad del aire que se respira en dicho sector; se analizó la distribución de la morbilidad por ERA mensual en cada uno de los barrios que conforman el sector, respecto al comportamiento promedio mensual de las concentraciones del contaminante PM10; para conocer de forma más exhaustiva cuales son los barrios del sector mayormente afectados por la dispersión del contaminante. Encontrándose, que el mayor número de casos por enfermedades respiratorias se registraron en el barrio Santa Clara con (259 casos), seguido por el barrio José Antonio Galán (154 casos), barrio Los Sauces con (150 casos) y el barrio La Perla (106 casos), (Ver Tabla 32). Obteniendo de manera gráfica:

Gráfica 38. Comparativo número de casos por enfermedad respiratoria Vs concentración de PM10, de acuerdo a localización por barrios del sector Ciudadela Norte.



Fuente. El Autor, 2015.

De acuerdo a la Gráfica 38, se observa el comportamiento de morbilidad por enfermedad respiratoria aguda vs casos ERA presentados en cada uno de los barrios que conforman el sector.

Se evidencia durante los primeros meses un menor número de casos ERA reportados, mientras se observa un aumento en la concentración de PM10 hasta llegar a uno de sus picos máximos (mes de marzo) en los cuales se superó la norma promedio anual de PM10 de 50 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).

Con relación a los dos picos de contaminación por PM10 registrados, el primero de ellos entre los meses de febrero a abril con un total de 195 casos atendidos en salas ERA; entre los cuales el barrio que mayor casos reporto fue Santa Clara con 50, el barrio José Antonio Galán con 36 casos, seguido muy de cerca por el barrio Los Sauces con 35 casos y el barrio La Perla con 23 casos. Los demás barrios son los menos afectados por enfermedades respiratorias presentándose casos por debajo de 12, hasta 0 casos registrados en el barrio La Rivera.

Respecto al segundo pico presentado entre los meses de abril y junio se registra un total de 273 casos. El barrio con el mayor número de casos reportados fue Santa Clara con 76 casos, seguido de Los Sauces con 43, José Antonio Galán con 39 y La Perla con 32 casos registrados. Los demás barrios del sector tienen una menor afectación.

A partir del mes de junio, el comportamiento de las concentraciones de PM10 en la atmosfera continúa con una tendencia descendiente hasta finalizar el periodo, lo que supone una mejoría en los índices de calidad del aire del sector. Sin embargo, durante esos meses (junio a octubre)

hubo un aumento en el número de enfermedades respiratorias en los distintos barrios; más precisamente en el barrio Santa Clara el cual presenta uno de sus registros máximos en el mes de octubre.

Lo que supone concluir que, el material particulado PM10 no es un factor causal directo de enfermedades respiratorias en el sector Ciudadela Norte.

5.4.1.1 Análisis estadístico descriptivo. Para el análisis descriptivo, los datos correspondientes a número de casos ERA atendidos por mes de acuerdo a la distribución del sector (Barrios); fueron organizados de la siguiente manera:

Tabla 36. Distribución de Casos ERA por mes por localización (Barrios).

BARRIOS:	MESES:												Total
	dic-14	ene	feb	marz	abr	may	jun	jul	aug	sept	oct	nov	
Altos del Norte	0	5	0	4	0	2	3	6	4	5	8	7	44
Los Sauces	10	7	7	12	16	10	17	16	14	10	19	12	150
La Perla	7	2	2	13	8	13	11	7	14	4	11	14	106
Santa Clara	11	17	9	18	23	21	32	22	26	21	31	28	259
Villa Paraiso	6	9	1	6	5	6	9	5	13	10	6	12	88
Jose Antonio Galan	4	4	4	15	17	14	8	12	24	15	20	17	154
2 de Octubre	0	1	1	0	2	0	0	1	1	1	2	1	10
Asovigiron	3	2	1	4	3	9	14	6	9	10	12	6	79
Colinas de la Florida	0	2	0	0	1	0	0	0	0	1	1	2	7
La Gloria	3	1	0	1	0	3	0	2	0	2	1	1	14
Los Cristales	1	0	3	4	5	3	10	11	12	4	9	7	69
Vilamar	0	0	0	2	1	0	1	3	1	0	3	2	13
Bermejál	0	1	0	3	2	2	1	3	4	1	1	1	19
El Libano	0	0	0	2	0	1	0	0	0	0	1	2	6
La Rivera	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
Total	45	51	28	84	83	84	106	95	122	84	125	112	1019

Fuente. El Autor, 2015.

Luego, por medio de la función estadística descriptiva y análisis de varianza, se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla 37. Estadísticos descriptivos para casos de Enfermedad Respiratoria Aguda por mes de acuerdo a la distribución del sector Ciudadela Norte (Barrios).

ESTADÍSTICOS	No. Casos ERA Dic.2015	No. Casos ERA Ene.2015	No. Casos ERA Feb.2015	No. Casos ERA Mar.2015	No. Casos ERA Abr.2015	No. Casos ERA May.2015	No. Casos ERA Jun.2015	No. Casos ERA Jul.2015	No. Casos ERA Ago.2015	No. Casos ERA Sept.2015	No. Casos ERA Oct.2015	No. Casos ERA Nov.2015
Media	3	3,4	1,87	5,6	5,53	5,6	7,07	6,33	8,13	5,60	8,33	7,47
Mediana	1	2	1	4	2	3	3	5	4	4	6	6
Moda	0	0	0	4	0	0	0	6	0	10	1	1
Desviación estándar	3,84	4,64	2,8	5,9	7,3	6,4	9,0	6,4	8,8	6,3	9,0	7,9
Varianza de la muestra	14,71	21,54	7,8	35,3	53,4	41,4	81,2	41,0	77,1	40,0	81,7	62,1
Curtosis	0,00	4,76	2,3	-0,2	1,1	0,7	3,1	1,2	-0,2	1,0	1,4	1,9
Coefficiente de asimetría	1,10	2,09	1,7	1,0	1,5	1,2	1,6	1,3	0,9	1,3	1,3	1,4
Rango	11	17	9	18	23	21	32	22	26	21	31	28
Mínimo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Máximo	11	17	9	18	23	21	32	22	26	21	31	28
Suma	45	51	28	84	83	84	106	95	122	84	125	112
Cuenta	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
Nivel de confianza(95,0%)	2,12	2,57	1,55	3,29	4,05	3,56	4,99	3,54	4,86	3,50	5,00	4,36

Fuente. El Autor, 2015.

La tabla 33 presenta los estadísticos descriptivos de las enfermedades respiratorias para cada uno de los barrios del sector Ciudadela Norte, durante los meses del periodo estudio.

De acuerdo a los resultados, al evaluar la media para cada uno de los meses, se observa que los meses de junio, julio, agosto, octubre y noviembre presentan un promedio mensual (en todos los barrios) de casos ERA mayor que el resto de meses. Siendo diciembre de 2014, el mes con el menor número de casos reportados y octubre con una media de 8,33 que registra el mayor número de casos promedio para todos los barrios.

El comportamiento de la media mes a mes demuestra que posee un periodo de aumento desde el mes de diciembre de 2014 hasta el mes de marzo de 2015, luego unos meses de variación (aumenta-disminuye) hasta llegar al mes de octubre para luego finalizar en el mes de noviembre.

Respecto al comportamiento del promedio mensual de casos ERA se observa que el valor más elevado (32) se encuentra distribuidos en un intervalo entre 0 a 32 casos presentados en cualquiera de los barrios.

Los primeros meses, desde a enero a febrero y los meses correspondientes a abril, mayo, junio y agosto presentaron una moda de 0 lo cual indica que 0 casos ERA es el valor más común en la mayoría de los barrios del sector durante los meses del periodo de estudio. Por otro lado, el mes que presento la mayor frecuencia (moda) en cada uno de los barrios con 10 casos ERA registrados, fue septiembre; es decir que el número de casos que mayor cantidad de veces se presentó en un mes fue 10.

Adicionalmente, se observa que la distribución del número de casos ERA en los meses, es sesgada a la derecha (simetría mayor que cero) pues se visualiza que la asimetría es mayor

que 0, lo cual indica que los datos se encuentran agrupados a la izquierda; es decir que en la mayoría los meses (en cada uno de los barrios) de estudio el número de casos ERA se encuentran por debajo de su media, la cual es la frecuencia predominante.

En los meses de marzo y agosto el valor de la curtosis es negativa, lo cual indica que los datos se encuentran dispersos de su valor promedio. Mientras que para los otros meses la curtosis es positiva, indica que los datos se concentran más que la distribución normal.

En cuanto a los valores extremos, se tiene que hubo semanas durante cada uno de los meses en los cuales no se reportaron casos de ERA en alguno de los barrios obteniendo un valor mínimo de 0, mientras que el valor máximo de casos ERA fue 32, registrado en el mes de octubre.

Tabla 38. Análisis de varianza para casos de Enfermedad Respiratoria Aguda por mes de acuerdo a la distribución del sector Ciudadela Norte (Barrios).

Análisis de varianza de dos factores con una sola muestra por grupo

<i>RESUMEN</i>	<i>Cuenta</i>	<i>Suma</i>	<i>Promedio</i>	<i>Varianza</i>
Altos del Norte	12	44	3,67	7,52
Los Sauces	12	150	12,5	15,36
La Perla	12	106	8,83	20,15
Santa Clara	12	259	21,58	51,36
Villa Paraíso	12	88	7,33	11,33
José Antonio Galán	12	154	12,83	43,61
2 de Octubre	12	10	0,83	0,52
Asovirón	12	79	6,58	17,54
Colinas de la Florida	12	7	0,58	0,63
La Gloria	12	14	1,17	1,24
Los Cristales	12	69	5,75	15,84
Villa Mar	12	13	1,08	1,36
Bermejál	12	19	1,58	1,54
El Líbano	12	6	0,5	0,64
La Rivera	12	1	0,08	0,08
Dic.2014	15	45	3	14,71
Ene.2015	15	51	3,4	21,54
Feb.2015	15	28	1,87	7,84
Mar.2015	15	84	5,6	35,26
Abr.2015	15	83	5,53	53,41
May.2015	15	84	5,6	41,4

Jun.2015	15	106	7,07	81,21
Jul.2015	15	95	6,33	40,95
Ago.2015	15	122	8,13	77,12
Sept.2015	15	84	5,6	39,97
Oct.2015	15	125	8,33	81,67
Nov.2015	15	112	7,47	62,12

ANÁLISIS DE VARIANZA						
Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Filas	6408,58	14	457,76	50,63	2,7882E-50	1,76
Columnas	683,39	11	62,13	6,87	2,3246E-09	1,85
Error	1392,36	154	9,04			
Total	8484,33	179				

Fuente. El Autor, 2015.

Se hizo un análisis de datos, utilizando como función: Análisis de varianza de dos factores con una sola muestra por grupo; para calcular si hay diferencias entre los efectos de los meses en cuanto al número de casos ERA presentados y los barrios en los que se presentaron estos casos.

En la tabla 34 observamos los resultados, el cual indica que el valor estadístico para la F por los barrios fue de 50,63 el cual es significativo debido a que la probabilidad tiene un valor de 2,7882E-50 menor a 0,05 es decir:

$$2,7882E-50 < 0,05$$

Y con respecto al valor crítico para F fue un valor muy superior, es decir:

$$50,63 \gg 1,76$$

En este sentido, como el valor del estadístico F fue mucho mayor que el valor crítico para F; con seguridad los resultados de este análisis son significativos.

Entonces, como el valor de probabilidad es menor a 0,05 el número de casos ERA presentados por barrios tiene una influencia significativa en los meses en los cuales se reportaron estos casos.

En cuanto al valor estadístico para la F según los meses fue de 6,87.; el cual es significativo también, debido a que:

$$6,87 < 0,05$$

Y con respecto al valor crítico para F fue superior también:

$$6,87 > 1,85$$

Para concluir, existe una relación significativa entre los meses en que se presentaron los casos ERA, los barrios en los que se registran estos casos y el número de casos ERA reportados.

Lo anterior, se evidencia en la Tabla 34; pues el valor en cuanto al número de casos ERA en el barrio Santa Clara (21,58) tiene una diferencia significativa respecto al número de casos presentados en otros barrios.

5.5 ANÁLISIS AFORO VEHICULAR- EMISION DE PM10

Mediante el aforo vehicular realizado el día 21 de diciembre de 2015, época en el que más tráfico vehicular circula por la vía; se obtuvo el volumen total de vehículos con su respectiva clasificación en un periodo de 13 horas registrado entre las 6am a 7pm.

A continuación, se presentan los factores de emisión según clases de vehículos:

Tabla 39. Factor de emisión para clases de vehículos.

	Clases de Vehículos	Factor de Emisión (g/s)
1.	Motocicleta	0,08
2.	Vehículos de pasajeros	0,07
3.	Camión de dos ejes sencillo	0,3
4.	Vehículo sencillo	0,1
5.	Camión de carga sencillo	0,4
6.	Multiremolque (camión de carga)	1,5

Fuente. El Autor, 2015.

El método utilizado para la estimación de las emisiones de los vehículos automotores estuvo basado en el Manual de Inventario de Fuentes Móviles del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, los cálculos se realizaron mediante la ecuación, ver Anexo K:

$$Ep = TPD * L * FEp$$

Donde:

Ep = Emisiones del contaminante p [Kg/día]

TPD = Tráfico Promedio Diario [Vehículos/día]

L = Longitud de vía [Km]

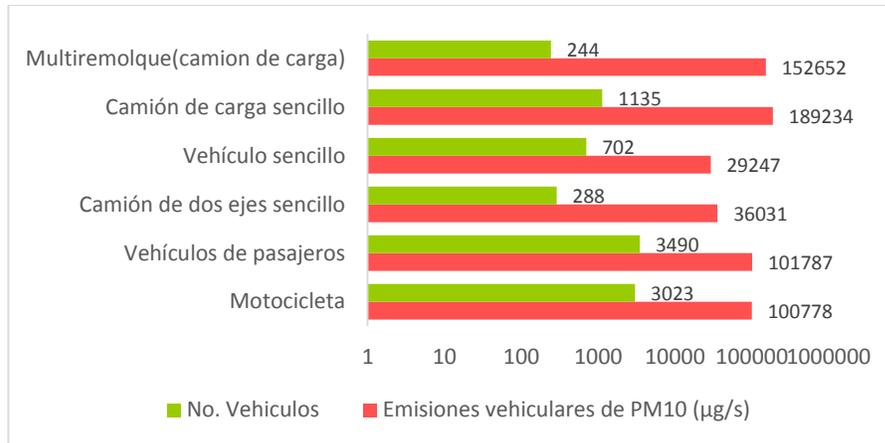
FEp = Factor de emisión del contaminante p [Kg/Veh-Km]

Cabe mencionar, que los valores de los factores de emisión para el contaminante PM10 de las diferentes categorías y clases de vehículos, fueron tomados del Modelo de Emisiones Vehiculares para la Ciudad de Bogotá (EVB).

A partir de estos datos (ver Tabla 35) y los cálculos realizados, se encontró que de los 8883 vehículos cuantificados(ver Anexo L), el mayor número de vehículos que transitan por la vía principal que atraviesa el sector Ciudadela Norte, corresponde a Vehículos de pasajeros con un tráfico de 3490, los cuales generan un total de emisión importante de 101787 $\mu\text{g/s}$. Seguido de Motocicletas con 3023 cuantificadas, con una emisión también importante de 100778 $\mu\text{g/s}$; luego, Camión de carga sencillo (1135) según los cálculos registra el valor de

emisión más alta 189234 $\mu\text{g/s}$ siendo el de mayor contribución en niveles de emisión de PM10 a la atmósfera para el sector. En cuanto a flujo vehicular en menor cantidad se registraron Camión de dos ejes sencillo con una de las emisiones más bajas (36031 $\mu\text{g/s}$) respecto a los otros vehículos; Multiremolque (camión de carga) con el trafico más bajo (244 registrados) pero cuya emisión es significativa pues registró una de las emisiones más altas (152652 $\mu\text{g/s}$). Para un total de 609730 ($\mu\text{g/s}$) emisiones cuantificadas de PM10.

Gráfica 39. Comparación Número de vehículos y emisiones vehiculares de PM10 del sector Ciudadela Norte.



Fuente. El Autor, 2015.

Con base en los resultados anteriores, obtenidos al realizar el estudio de emisiones y actividad vehicular en el sector ciudadela norte; se desarrolló la modelación de la dispersión de partículas de PM10 empleando la MODELACION. Envimet 3.1 el cual permitió simular mediante una representación gráfica la dispersión de partículas de PM10, generadas por el tipo de vehículo, que, según los resultados, registra el valor de emisión más alta; que para este caso fue de 189234 $\mu\text{g/s}$ que corresponde a Camión de carga sencillo.

5.5.1 Modelación dispersión de emisiones de PM10 en el sector Ciudadela Norte. Para la modelación de la dispersión del contaminante se realizó entre las 14:00 y 15:00 horas, donde se presentó el mayor tráfico vehicular; para un tiempo total de simulación de 1 hora.

Para hacer la modelación se utilizaron los siguientes factores meteorológicos:

Velocidad del viento (m/s) = 3

Dirección del viento promedio = 10°

Temperatura = 298°C

Humedad relativa = 70%

A partir de la información meteorológica, geográfica (mapa del sector) y con base en los resultados de las emisiones vehiculares registradas por el tipo de vehículo: camión de carga sencillo cuyo valor de emisión fue el más alto, se procedió a generar la modelación de dispersión de emisiones de PM10 para el sector.

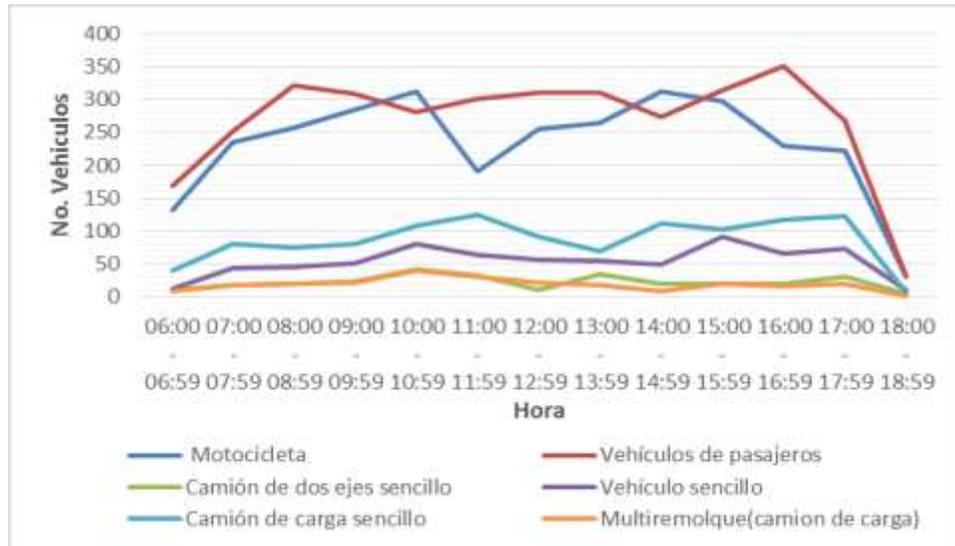
En las Gráficas 40 a 44, se muestran la modelación de la dispersión de PM10 sobre el área de estudio, donde cada tonalidad señala la posición de la concentración del contaminante en el tiempo y por lo tanto el nivel de contaminación por PM10 que se registra en el sector.

La modelación permitió establecer que los barrios mayormente afectados por la dispersión del contaminante PM10, fueron aquellos ubicados a la izquierda del carril (en sentido Norte-Sur); encontrándose que se dispersan, concentrándose hacia el barrio Santa Clara, pues la dirección del viento, contribuye al arrastre de partículas hacia allí, notándose que incrementa marcadamente los niveles respecto a otros barrios del sector (Ver Gráficas 40, 41, 42, 43, 44). Encontrándose también, con base en la modelación y en los resultados del análisis Comparativo entre el número de casos por enfermedad respiratoria con la concentración de PM10 (Ver Gráfica 38) que los barrios menos afectados por las enfermedades mencionadas y concentración de pm10, corresponde a aquellos que se encuentran alejados de la zona fuente de contaminación (vía principal); así también, como resultado de la influencia topográfica y la dirección del viento que impide la dispersión de gran parte del contaminante hacia estos barrios.

Estos resultados son consecuentes con el efecto que las concentraciones de material particulado PM10 pueden ocasionar sobre la población, pues como se pudo constatar, el barrio con el mayor número de casos de enfermedades respiratorias fue Santa Clara, cuya población residente son los más expuestos a este factor y por ende los más afectados y con alto riesgo de desarrollar enfermedades respiratorias cuando se exceden los niveles permisibles.

A continuación, se muestra, el análisis gráfico del tráfico vehicular por categoría de vehículo durante las 13 horas del periodo de aforo del día 21 de diciembre del 2015. El aforo se realizó desde las 6:00 a.m. hasta las 7:00 p.m.

Gráfica 40. Comportamiento del tráfico vehicular en el sector Ciudadela Norte. Diciembre 21 de 2015.



Fuente. El Autor, 2015.

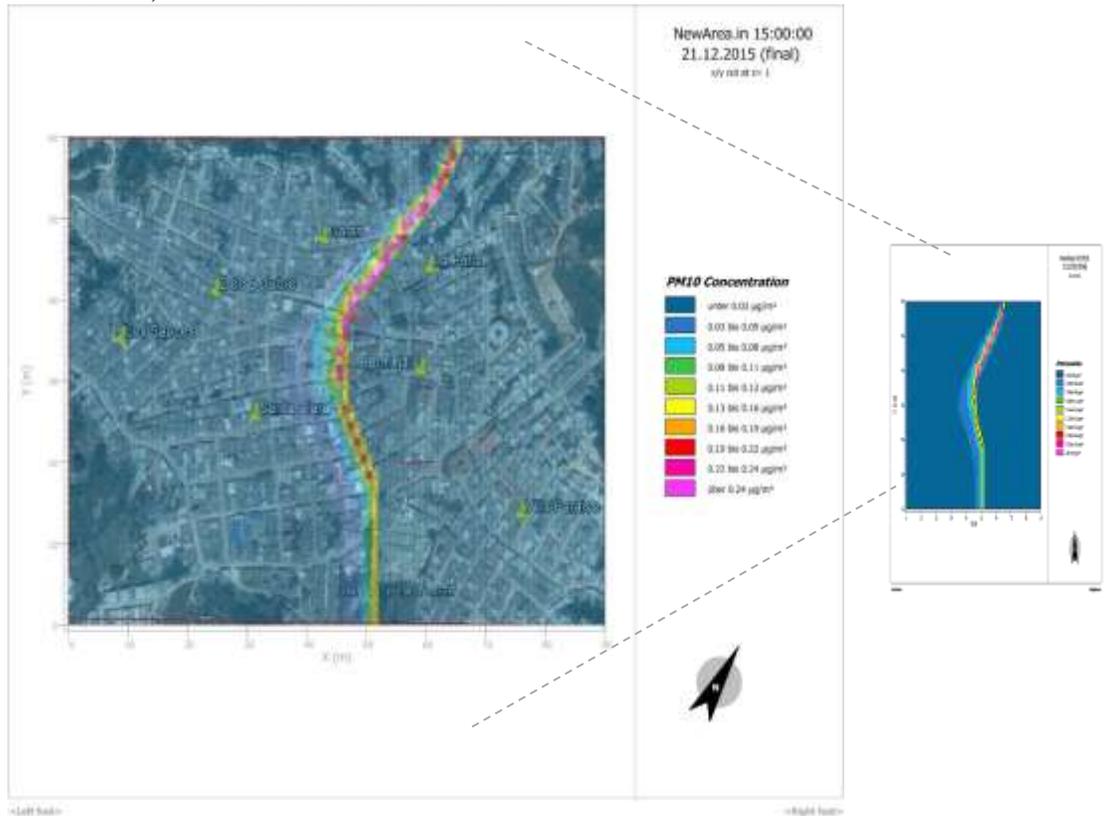
Tal como se observa en la gráfica 45, en las horas de la mañana hay mayor tráfico vehicular Y menor flujo vehicular al medio día.

Las motocicletas y los vehículos de pasajeros son los de mayor circulación, siendo las horas de mayor demanda para estos dos tipos de vehículos entre las 08:00 - 08:59 A.M. y entre las 16:00 - 16:59 P.M.

Además, se observa, que durante el día se presentan dos picos de en la cantidad de vehículos, situación que se presenta entre las 08:00 - 08:59 a.m. con (321) y las 16:00 - 16:59 p.m. con (350); correspondiente a vehículos de pasajeros. Las motocicletas también generan dos picos de contaminación entre las 10:00 - 10:59 a.m. y las 14:00 - 14:59 p.m. con la misma cantidad de motocicletas (312). En camiones, la mayor cantidad circula en las horas de la mañana entre las 10:00 - 10:59 a.m. y las 11:00 - 11:59 a.m.

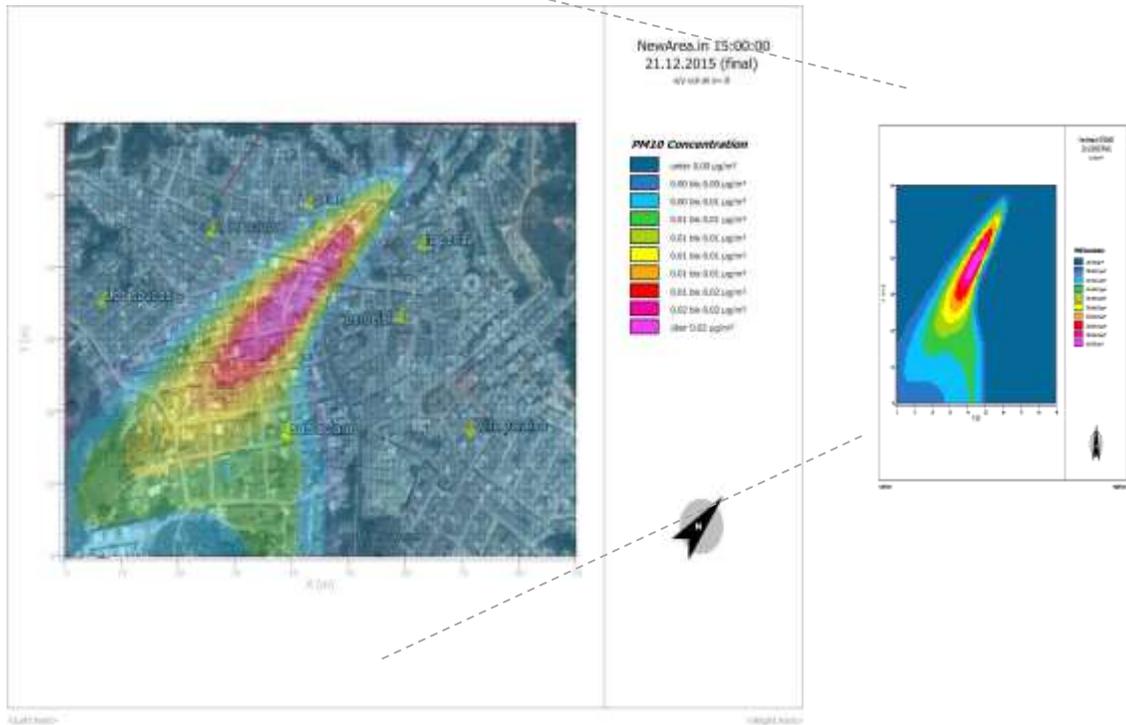
Adicionalmente, se incluye un registro fotográfico en el que se ha tomado evidencia de la realización del aforo vehicular (Ver anexo M).

Gráfica 41. Modelamiento de la dispersión de emisiones del contaminante PM10 del área de influencia, sector Ciudadela Norte. Resultados a h=0.4 metros.



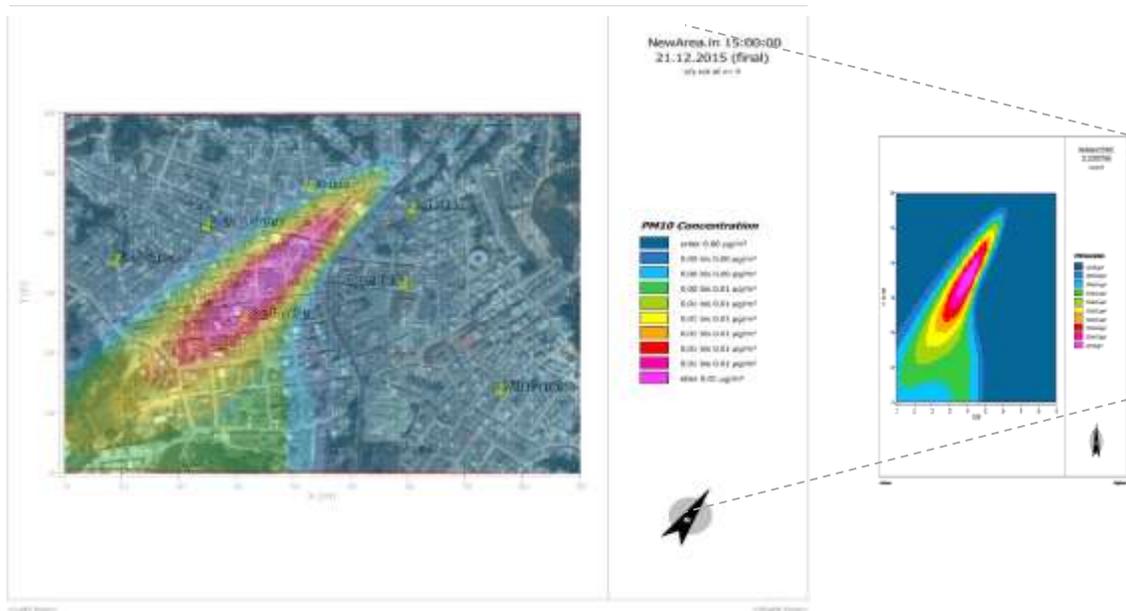
Fuente. El Autor, 2015.

Gráfica 44. Modelamiento de la dispersión de emisiones del contaminante PM10 del área de influencia, sector Ciudadela Norte. Resultados a h=6 metros.



Fuente. El Autor, 2015.

Gráfica 45. Modelamiento de la dispersión de emisiones del contaminante PM10 del área de influencia, sector Ciudadela Norte. Resultados a h=8 metros.



Fuente. El Autor, 2015

6. CONCLUSIONES

De acuerdo a los resultados obtenidos, demostraron que las concentraciones de material particulado respirable PM10 aunque estuvieron muy cerca del límite establecido para promedio anual, no superaron la norma nacional ni los estándares de la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (US EPA) de 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. En cuanto al comportamiento de las medias mensuales la norma se superó en 5 meses presentando dos “picos de concentración” (episodios de alta contaminación).

En cuanto al promedio diario se superó la norma de calidad al presentarse un pico de contaminación el cual sobrepasa la norma diaria nacional (100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$).

En general, se puede afirmar que el aire en su mayoría presentó una clasificación “buena” según el Índice de Calidad del Aire; esto quiere decir que las concentraciones de PM10 en gran parte del periodo de estudio no sobrepasaron los niveles máximos de exposición. A pesar de esto se registraron días en los cuales el contaminante PM10 supero los valores de referencia definidos para la protección de la salud humana, para lo cual la calidad del aire estuvo clasificada como “moderada” registrando un porcentaje bajo del 25%, considerado por sus efectos en salud como “dañina para grupos sensibles”.

Según los resultados de las concentraciones de material particulado PM10 y las variables meteorológicas precipitación (mm), temperatura ($^{\circ}\text{C}$), humedad relativa (%) no se logró establecer ninguna relación entre el comportamiento del contaminante PM10 y los anteriores parámetros meteorológicos. Los resultados contradicen la evidencia teórica, pues presentaron un comportamiento inverso; en el cual los promedios más bajos de precipitación se presentaron durante los meses en los que el contaminante aumento y en cuanto a temperatura y humedad relativa, estos factores disminuyeron en periodos en los cuales la concentración de PM10 aumento; es decir contrario a lo esperado. Para tal efecto, no se encontró ninguna relación directa entre las variables precipitación, temperatura, humedad relativa y las concentraciones de material particulado.

La única asociación que se encontró fue entre Velocidad del Viento (m/s) y dirección del Vientos con material particulado PM10; encontrándose que estas variables meteorológicas intervinieron en la dispersión del contaminante e influyo en el comportamiento de éste. Según la rosa de los vientos se halló que los vientos predominantes se dirigen principalmente hacia el sur del sector, aunque la tendencia no fue muy fuerte, pues se presentaron algunos vientos hacia el suroeste; dispersando el contaminante en mayor proporción hacia algunos barrios del sector que se encuentran más cerca a la fuente de emisión (trafico automotor) del contaminante, es decir sobre la vía principal.

Al analizar la base de datos de los casos de Enfermedades Respiratorias presentados en el sector Ciudadela Norte; se encontró que los grupos de población más afectados por enfermedades respiratorias fueron los menores entre 1 a 4 años (30%), seguido del grupo de los menores de 1 año con 23% siendo el tipo de diagnóstico con mayor frecuencia registrado en salas ERA del Hospital EQC E.S.E: rinofaringitis, seguido de bronquitis y amigdalitis.

Así mismo, al analizar los efectos adversos a la salud por enfermedades respiratorias asociadas al contaminante PM10 no se encontró evidencia de relación entre ambas variables. Debido a que, durante el periodo cuando se sobrepasó los valores permisibles establecidos en la normativa, es decir, episodios de alta contaminación; no se observó un incremento en el número de enfermedades, y al disminuir los niveles de concentración de PM10, el número de consultas por enfermedades respiratorias presentó un mayor incremento. Contrario a lo esperado, en este estudio los resultados indican una relación inversa entre ambas variables.

Aunque los resultados obtenidos de asociación entre el contaminante PM10 y enfermedades respiratorias mostraron una correlación negativa débil, al realizar el análisis por meses según localización (barrios) en el sector Ciudadela Norte, se encontró, que el mayor número de casos por enfermedades respiratorias se registraron en el barrio Santa Clara, seguido por el barrio José Antonio Galán; constatando así, que el barrio mayormente afectado fue el barrio Santa Clara. Esto coincide con los efectos sobre los casos reportados por enfermedades respiratorias; a partir de un análisis estadístico descriptivo, en el que se encontró una diferencia significativa en el número de casos de enfermedades respiratorias agudas presentados en cada uno de los barrios que conforman el sector Ciudadela Norte y los meses en los cuales se presentaron ($p < 0,05$).

Los resultados obtenidos mediante el análisis del aforo vehicular arrojaron que el mayor número de vehículos que transitan por la vía principal que atraviesa el sector Ciudadela Norte, corresponde a vehículos de pasajeros, aunque el tipo de vehículo que registro el valor de emisión más alta fue camión de carga sencillo, que es el que mayormente contribuye al problema de contaminación.

De la misma manera, el modelamiento de la dispersión de emisiones del contaminante PM10 en el sector Ciudadela Norte, mostró que existe un riesgo para los residentes de los barrios que se encuentran ubicados a la izquierda del carril (en sentido Norte –Sur); siendo el barrio mayormente afectado por la dispersión del contaminante el barrio Santa Clara, pues la dirección del viento, contribuye al arrastre de partículas hacia allí, notándose que incrementa marcadamente los niveles respecto a otros barrios del sector.

7. RECOMENDACIONES

Debido a que se presentaron episodios durante el periodo de estudio, en el que hubo aumentos en la concentración de PM10, afectando la calidad del aire del sector Ciudadela Norte.

Se recomienda continuar desarrollando estudios que relacionen la contaminación del aire con efectos a la salud, con el fin de hacer un seguimiento a los problemas de salud derivados de la exposición a material particulado respirable PM10 y efectos asociados con demás agentes ambientales (temperatura, viento, humedad, precipitación). Cabe mencionar, la importancia del apoyo y trabajo conjunto donde haya una participación de las diferentes entidades competentes tanto sanitaria, ambiental como de otros actores; que permitirán continuar con este proceso investigativo.

De igual forma, se recomienda la divulgación de los resultados obtenidos con el fin de dar a conocer los hallazgos de la experiencia investigativa a la comunidad universitaria de tal forma que permita incentivar la actividad investigativa en los estudiantes.

Por otra parte, es muy importante sensibilizar y educar a la comunidad universitaria, a la población expuesta residente del sector Ciudadela Norte y del público en general; por medio de charlas, campañas y difusión de información a través de los distintos medios de comunicación a fin que estos conozcan mejor los riesgos e impactos a la salud que la contaminación del aire por material particulado puede ocasionar.

Visitar la página web de la universidad <https://ufpso.edu.co/> donde podrá conocer los datos meteorológicos registrados por la estación meteorológica UFPSO, sede primavera e informarse acerca de las condiciones climáticas y conocer los datos sobre las condiciones de calidad del aire.

BIBLIOGRAFÍA

ALCALDIA DE OCAÑA. Indicadores 2012. [en línea]. Disponible en Internet: <URL: http://ocana-nortedesantander.gov.co/indicadores_anuales.shtml?apc=bexx-1-&x=2836864#salud> [citado 25 Nov. 2014].

ALCALDIA DE OCAÑA. Informe general del municipio de Ocaña. [en línea]. p.3. [Citado 11 Oct. 2015] Disponible en Internet: <URL: http://ocana-nortedesantander.gov.co/apc-aa/files/38343339653963383637363461323363/INFORME_GENERAL_DEL_MUNICIPIO.pdf>

ALDUNATE, Pablo; PAZ, Oscar y HALVORSEN, Kjetil. Los efectos de la contaminación atmosférica por PM10 sobre la salud ciudad de La Paz – Bolivia (3650 m.s.n.m.). En: Revista Virtual Acta Nova- Universidad Católica Boliviana [online], junio 2006, N°2. [citado 26, enero, 2016]. Disponible en: <<https://www.ucbcba.edu.bo/universidad/Publicaciones/revistas/actanova/documentos/v3n2/v3.n2.aldunate.pdf>>

ALVARADO ZUÑIGA, Gerardo Mauricio. Estudio integrado de factores que influyen sobre la contaminación atmosférica por material particulado respirable de pudahuel. Tesis de Maestría en Gestión y Planificación Ambiental. Santiago, Chile: Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Forestales y Conservación de la Naturaleza, 2010. 6 p.

ANGULO, Luis, et al. Caracterización de Partículas Suspensas (PST) y Partículas Respirables (PM 10) producidas en Áreas de Explotación Carbonífera a Cielo Abierto. En: Revista Virtual Información tecnológica [online], 2011, no. 4. [citado 05, octubre, 2015]. Disponible en: http://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0718-07642011000400004&script=sci_arttext

ARÁNGUEZ, Emiliano, et al. Contaminantes atmosféricos y su vigilancia. En: Revista Española de Salud Pública [online]. Mar/Abr. 1999, no. 2. [Citado 10, octubre, 2015]. Disponible en: <http://scielo.isciii.es/scielo.php?pid=S1135-57271999000200003&script=sci_arttext>

ARCINIÉGAS SUÁREZ, César Augusto. Diagnóstico y control de material particulado: partículas suspendidas totales y fracción respirable PM10. En: Revista Virtual Luna Azul Scielo [online], Enero- Junio 2012, no.34. [Citado 10, noviembre, 2015]. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1909-24742012000100012>

ARIAS, Sandra Patricia y DAZA, Carlos Enrique. Propuesta Metodológica para Correlacionar la Calidad del Aire y las Enfermedades Respiratorias en un Municipio Intermedio Colombiano: Caso de Tuluá Valle del Cauca. Proyecto de Grado de Especialización en Economía Ambiental y Desarrollo Sostenible. Santiago De Cali: Universidad De San Buenaventura, 2009. 25 p.

ASTUDILLO ALEMÁN, Ana Lucía. Estudio de genotoxicidad del material particulado (PM10) de la zona urbana del Cantón Cuenca. Tesis de Maestría en toxicología industrial y ambiental. Cuenca, Ecuador: Universidad de Cuenca, 2014.

BARAHONA CRISOSTOMO, Salvador Karim. Estudio microbiológico del material particulado atmosférico de Santiago mediante herramientas de biología molecular. Tesis de Maestría en en Gestión y Planificación Ambiental. Santiago, Chile: Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Forestales y Conservación de la Naturaleza, 2010. 6 p.

BLASER, Martín [online]. Dispersión de la contaminación atmosférica causada por el tráfico vehicular: ¿Qué son modelos de dispersión?. San Salvador, 2000. [Citado 05, octubre, 2015]. Disponible en: <http://www.bvsde.paho.org/bvsair/e/repindex/rep182/experien/dispers.pdf>

CÁRDABA ARRANZ, Mario. Carga de enfermedad por contaminación atmosférica debida a materia particulada (PM10 y PM2,5) y ozono (O3) en la ciudad de Valladolid durante el periodo 1999-2008. Tesis Doctoral. Valladolid: Universidad de Valladolid, Facultad de Medicina, 2012.

CERDA, H. [online]. Metodología de la Investigación II. Capítulo 7: Medios, Instrumentos, Técnicas y Métodos en la Recolección de Datos e Información. Bogotá: Universidad Nacional Abierta 1991. [Citado 19, octubre, 2015]. Disponible en: <http://www.postgrado.una.edu.ve/metodologia2/paginas/cerda7.pdf>

COLOMBIA. CONGRESO DE LA REPUBLICA. DECRETO 948 DE 1995 (junio 5). Por el cual se decreta el reglamento de protección y control de la calidad del aire. Diario Oficial. Bogotá D.C., 05/06/1995. No. 41876.

CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE LA FRONTERA NORORIENTAL-CORPONOR. Plan de acción 2012 – 2015. P.102. [citado 24, octubre, 2015] Disponible en Internet:http://ocana%20nortedesantander.gov.co/acuerdo_plan_de_desarrollo_2012_2015_oa_a_participativa_y_confiable_2.pdf

CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE LA FRONTERA NORORIENTAL-CORPONOR. Suelo Urbano. s.f. Disponible en Internet: <URL: <http://www.corponor.gov.co/pot/Ocana/Proyecto%20de%20Acuerdo/Ocana%20Proyecto%20de%20Acuerdo%20Tomo%202.pdf>>. p. 4. [Citado 11 Oct. 2015].

CHILUISA TITUAÑA, Carina Estefanía. “La Contaminación Lumínica en la zona de la Mariscal Sucre de la ciudad de Quito y su falta de normativa jurídica”. Quito, 2014. p. 38. Enciclopedia Wikipedia. “Investigación cuantitativa”. Disponible en Internet: <URL: http://www.es.wikipedia.org/wiki/Investigacion_cuantitativa>. [citado 19 Oct. 2015]

ESTEVEZ GARCIA, Jesús Alejandro. Exposición laboral a contaminación atmosférica: material particulado y efectos respiratorios en la salud de policías de tránsito de Bogotá, Colombia 2008-2009. Tesis de Maestría en Toxicología. BOGOTÁ, D.C.: Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Medicina, 2010. 29 p.

FRANCO R, Juan Felipe. Contaminación atmosférica en centros urbanos. Desafío para lograr su sostenibilidad: caso de estudio Bogotá. En: Revista Virtual EAN [online], Enero-Junio 2012, no. 72. [Citado 10, Noviembre, 2015]. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-81602012000100013&lng=pt&nrm=iso>

GARCIA LOZADA, Héctor Manuel [online]. Evaluación del riesgo por emisiones de partículas en fuentes estacionarias de combustión estudio de caso: Bogotá. Bogotá D.C.: Universidad Nacional de Colombia, 2006. [Citado 06, octubre, 2015]. Disponible en: <https://books.google.com.co/books?id=T87uEuVP84kC&pg=PA5&lpg=PA5&dq=fuentes+naturales+y+antropogenicas+de+material+particulado&source=bl&ots=W5yd4CKXo8&sig=11AKje4YNh1k4IHcfVwleU8PD8&hl=es&sa=X&ved=0CDOQQ6AEwBTgKahUKEwiQpf6Tx6fIAhUJWx4KHV0EDV#v=onepage&q=fuentes%20naturales%20y%20antropogenicas%20de%20material%20particulado&f=false>

GONZÁLEZ RAMÍREZ, Claudia. Contaminación del aire un problema de salud pública. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM) [en línea]. Disponible en Internet: <URL: http://www.siac.gov.co/contenido/contenido_imprimir.aspx?conID=606&catID=466> [citado 24 Nov. 2014]

HERNÁNDEZ, Liliana Jiménez. Efectos de la contaminación atmosférica por pm10 sobre las consultas a urgencias por enfermedades respiratorias en menores de 15 años y mayores de 60 años y mortalidad general en Cali, durante 2010 y 2011. Tesis de Maestría en Epidemiología. Santiago de Cali: Universidad del Valle, Facultad de salud, 2011.

JIMENEZ PALLARES, Andrés A y CRUZ ORJUELA, Andrea M. Evaluación de la contaminación del aire por microorganismos oportunistas y su relación con material particulado (PM2.5 Y PM10) en la localidad de Puente Aranda. Trabajo de grado para optar al título de Ingeniero Ambiental y Sanitario. Bogotá D.C: Universidad de la Salle, Facultad de Ingeniería Ambiental y Sanitaria, 2006. 32 p.

KORC, Marcelo E y SÁENZ, Rodolfo [online]. Monitoreo de la calidad del aire en América Latina. Lima: Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente, 1999. 3 p. [Citado 14, octubre, 2015]. Disponible en: <http://www.bvsde.ops-oms.org/bvsci/e/fulltext/monitlac/monitlac.pdf>

LACASAÑA-NAVARRO, Marina, et al. Evolución de la contaminación del aire e impacto de los programas de control en tres megaciudades de América Latina. En: Revista Virtual Salud Pública de México [online], mayo-junio de 1999, no.3. [Citado 10, octubre, 2015]. Disponible en:<<http://www.scielosp.org/pdf/spm/v41n3/41n3a08.pdf>>

LÓPEZ SANTIAGO, Lina Fernanda y BECERRA, Yan Carlos. Informe de la Concentración de Material Particulado PM10 en la Zona Urbana del Municipio de Ocaña, 2015. [citado 29,

Septiembre, 2015]. Disponible en: https://ufpso.edu.co/ftp/pdf/otros_documentos/informe_de_material_particulado_diciembre_-_junio_115810_1594.pdf

MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. Política de prevención y control de la contaminación del aire. Contaminación del aire en Colombia [en línea]. 2010. Disponible en Internet: <URL:http://www.minambiente.gov.co/documentos/normativa/ambiente/politica/polit_calidad_aire.pdf>. p. 11. [Citado 24 Nov. 2014]

MARCO METODOLÓGICO [Anónimo]. Tipo de Investigación. Disponible en Internet: <URL: http://www.univo.edu.sv:8081/tesis/019939/019939_Cap3.pdf >. P.32. [citado 18 Oct. 2015]

MARTÍNEZ, Elkin, et al. Morbilidad respiratoria asociada con la exposición a material particulado en el ambiente. En: Revista Facultad Nacional de Salud Pública [online], diciembre, 2011, núm. 4. [Citado 22, octubre, 2015]. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=12021522011>

MATUS C, Patricia y LUCERO CH, Rodrigo. Norma Primaria de calidad del aire. En: Revista Virtual chilena de enfermedades respiratorias [online], Abril 2002, no. 2. [citado 03, octubre, 2015]. Disponible en: http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0717-73482002000200006

METODOLOGÍA [Anónimo]. Diseño de la investigación. Disponible en Internet: <URL: http://www.catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lad/...j.../capitulo3.pdf >. P.52. [citado 19 Oct. 2015]

MEXICO. SECRETARIA DE SALUD. NORMA Oficial Mexicana NOM-025-SSA1-2014, Salud ambiental (20, agosto, 2014). Valores límites permisibles para la concentración de partículas suspendidas PM10 y PM2.5 en el aire ambiente y criterios para su evaluación. DOF - Diario Oficial de la Federación. México, D.F., 2014. 3 p.

MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE [online]. Diagnostico Nacional de Salud Ambiental. Colombia: Fundacion Cardiovascular de Colombia, 2012. p.94. [Citado 14, octubre, 2015]. Disponible en: <https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/INEC/IGUB/Diagnostico%20de%20salud%20Ambiental%20compilado.pdf>

MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. Política de prevención y control de la contaminación del aire. Antecedentes [en línea]. 2009. Disponible en Internet: < <http://www.bdlaw.com/assets/htmldocuments/Colombia%20-%20Politica%20Calidad%20Aire.pdf> >. p. 4. [Citado 10, octubre, 2015]

MINISTERIO DE SALUD Y PROTECCIÓN SOCIAL ORGANIZACIÓN PANAMERICANA DE LA SALUD. Protocolo para la vigilancia sanitaria y ambiental de

los efectos en salud relacionados con la contaminación del aire en Colombia [online]. 2012. p. 19. [Citado 8, octubre, 2015]. Disponible en: <https://www.minsalud.gov.co/Paginas/Las-respuestas-de-MinSalud-para-enfrentar-la-contaminaci%C3%B3n-atmosf%C3%A9rica.aspx>

NATIONALGEOGRAPHIC. La contaminación del aire [en línea]. (s.f). Disponible en Internet: <URL:<http://www.nationalgeographic.es/medio-ambiente/calentamiento-global/contaminacion-aire>> [citado 24 Nov. 2014]

ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD. Calidad del aire (exterior) y salud. [en línea]. s.f. Disponible en Internet: <URL:<http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs313/es/>>. [citado 3 Nov. 2015]

PARRA, Yahaira. El paciente respirador bucal una propuesta para el estado Nueva Esparta 1996-2001. En: Fundación Acta Odontológica Venezolana [online], 2004, no. 2. [Citado 14, octubre, 2008]. Disponible en: http://www.actaodontologica.com/ediciones/2004/2/paciente_respirador_bucal.asp

PLAN DE DESARROLLO 2012-2015. Ocaña Confiable y Participativa. [En línea]. s.f. Disponible en Internet: <URL: http://ocana.nortedesantander.gov.co/acuerdo_plan_de_desarrollo_2012_2015_oca_a_participativa_y_confiable_2.pdf>. p. 38. [Citado 25 Nov. 2014]

PLAN DE DESARROLLO MUNICIPAL OCAÑA 2008-2011. Generalidades físicas del Municipio. [en línea]. s.f. p. 18. [citado 11 Oct. 2015]. Disponible en Internet: <URL: http://www.ocana-nortedesantander.gov.co/apc-aa-files/38656632356330656332656230383763/ACUERDO_PD_OCA_A_20.pdf>

RECURSOS DE BIOLOGÍA Y GEOLOGÍA. La Contaminación atmosférica. (s.f). [Citado 05, octubre, 2015]. Disponible en: http://www.bioygeo.info/pdf/04_Contaminacion_Atmosferica.pdf

RODRÍGUEZ-PATARROYO, Mariana del Pilar. Evaluación de la norma colombiana de calidad del aire para exposición breve de material particulado de 10 micrómetros (PM10) bajo evidencia científica médica. Trabajo de grado para optar al título de Bióloga. Bogotá D.C.: Pontificia Universidad Javeriana. Facultad de Ciencias, 2012.

SALAZAR CEBALLOS, Alexander y ÁLVAREZ MIÑO, Lídice. Los efectos del material particulado 10 (PM 10) y de las variables climatológicas en las admisiones hospitalarias por enfermedades respiratorias en niños en la ciudad de Santa Marta, Colombia, 2008-2009. Revista de la Facultad de Ciencias de la Salud [online], 2011, no. 2. [Citado 22, octubre, 2015]. Disponible en: <<http://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3903111>> .

SALINAS ALDABE, Janire. Caracterización físico-química del material particulado en la comunidad foral de navarra. Tesis para aspirar al grado de doctor en ciencias. Pamplona: Universidad de Navarra, Facultad de Ciencias, 2011. 3 p.

SANTURTÚN, A, et al. Análisis comparativo de la contaminación atmosférica y las visitas a urgencias por asma. En: Revista Virtual Seguridad y Medio Ambiente. Primer trimestre 2014. no 133. [Citado 10, octubre, 2015]. Disponible en: <<http://www.mapfre.com/fundacion/html/revistas/seguridad/n133/es/articulo1.html>>

SARMIENTO, Rodrigo, et al. Síntomas respiratorios asociados con la exposición a la contaminación del aire en cinco localidades de Bogotá, 2008-2011, estudio en una cohorte dinámica. En: Revista del Instituto Nacional de Salud Biomédica [online], Mayo 2015. [Citado 22, octubre, 2015]. Disponible en: <[http:// file:///C:/Users/PC/Downloads/2445-12845-1-PB%20\(2\).pdf](http://file:///C:/Users/PC/Downloads/2445-12845-1-PB%20(2).pdf)>.

SEMINARIO INTERNACIONAL “EXPERIENCIA LATINOAMERICANA EN MANEJO AMBIENTAL”. (Marzo, 2000: Santiago, Chile). Memorias: Desafíos e innovaciones en la gestión ambiental. Santiago: CEPAL, 2001. 17 p.

UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA. Antecedentes históricos de la contaminación atmosférica. [Citado 29, Septiembre, 2015]. Disponible en: http://datateca.unad.edu.co/contenidos/358007/Contenido_en_linea_Caraterizacion/leccin_1_antecedentes_histricos_de_la_contaminacin_atmosfrica.html

VARGAS R, Claudio. Efectos de la fracción gruesa (PM10-2.5) del material particulado sobre la salud humana, Julio 2011. p. 8. [citado 06, noviembre, 2015]. Disponible en: http://www.sinia.cl/1292/articles-51242_Estudio_cvargas.pdf

VIVAR MARTÍNEZ, Edgar Fabián. Cuantificación de material particulado pm10 y su efecto toxicológico-ambiental, en la ciudad de azogues. Tesis de Maestría en Toxicología Industrial y Ambiental. Cuenca, Ecuador: Universidad de Cuenca, Facultad de Ciencias Químicas, 2014. 27 p.

VILLACRES MANZANO, Eduardo Santiago. Análisis Toxicológico de Hidrocarburos Aplicado a la Salud Ocupacional. Monografía de Licenciatura en Ciencias Químicas, Especialidad Química Analítica. Quito: Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, 2015. 22 p.

VAQUERANO, Olga Julissa. “Evaluación de la contaminación atmosférica causada por partículas respirables producidas en dos fábricas de colchones artesanales ubicadas en el municipio de San Salvador”. Trabajo de Grado de Licenciatura en química y farmacia. El Salvador, San Salvador: Universidad de el Salvador, Facultad de Química y Farmacia, 2003. 12 p.

YUNI, José Alberto y URBANO, Claudio Ariel [online]. Técnicas para Investigar y formular proyectos de investigación. Córdoba, Argentina: Brujas, 2006. [Citado 19, Octubre, 2015]. Disponible en: https://books.google.com.co/books?id=XWIkBfrJ9SoC&pg=PA24&lpg=PA24&dq=muestr as+no+probabil%C3%ADsticas&source=bl&ots=iiJSm5fjrc&sig=4oHlIH9C_cripkXBOP8

[uUAfFzs&hl=es&sa=X&ved=0CD8Q6AEwBjgUahUKEwisjseCuM3IAhUFGD4KHfHWAc4#v=onepage&q=muestras%20no%20probabil%C3%ADsticas&f=false](#)

CIBERGRAFÍA

http://ocana-nortedesantander.gov.co/indicadores_anuales.shtml?apc=bexx-1-&x=2836864#salud

http://ocana-nortedesantander.gov.co/apc-aa/files/38343339653963383637363461323363/INFORME_GENERAL_DEL_MUNICIPIO.pdf

<http://mgpa.forestaluchile.cl/Tesis/Alvarado,%20Gerardo.pdf>

http://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0718-07642011000400004&script=sci_arttext

http://scielo.isciii.es/scielo.php?pid=S1135-57271999000200003&script=sci_arttext

http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1909-24742012000100012

http://bibliotecadigital.usbcali.edu.co/jspui/bitstream/10819/871/1/Propuesta_Enfermedades_Cauca_Arias_2009.pdf

<http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/5467>

<http://mgpa.forestaluchile.cl/Tesis/Salvador%20Barahona.pdf>

<http://www.bvsde.paho.org/bvsair/e/repindex/rep82/experien/dispers.pdf>

<http://uvadoc.uva.es/handle/10324/2043>

<http://www.postgrado.una.edu.ve/metodologia2/paginas/cerda7.pdf>

<http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Normal.jsp?i=1479>

http://ocana%20nortedesantander.gov.co/acuerdo_plan_de_desarrollo_2012_2015_oca_a_participativa_y_confiable_2.pdf

<http://www.corponor.gov.co/pot/Ocana/Proyecto%20de%20Acuerdo/Ocana%20Proyecto%20de%20Acuerdo%20Tomo%202.pdf>

http://www.es.wikipedia.org/wiki/Investigacion_cuantitativa

<http://www.bdigital.unal.edu.co/2662/1/597591.2010.pdf>

http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-81602012000100013&lng=pt&nrm=iso

<https://books.google.com.co/books?id=T87uEuVP84kC&pg=PA5&lpg=PA5&dq=fuentes+naturales+y+antropogenicas+de+material+particulado&source=bl&ots=W5yd4CKXo8&sig=11AKje4YNh1k4IHcfVwleU8PD8&hl=es&sa=X&ved=0CDQQ6AEwBTgKahUKEwiQpf6Tx6fIAhUJWx4KHV0EDV#v=onepage&q=fuentes%20naturales%20y%20antropogenicas%20de%20material%20particulado&f=false>

http://www.siac.gov.co/contenido/contenido_imprimir.aspx?conID=606&catID=466

<http://bibliotecadigital.univalle.edu.co/bitstream/10893/8551/1/CB-0466810.pdf>

<http://repository.lasalle.edu.co/bitstream/handle/10185/14838/T41.06%20C889e.pdf?sequence=1>

<http://www.bvsde.ops-oms.org/bvsci/e/fulltext/monitlac/monitlac.pdf>

<http://www.scielosp.org/pdf/spm/v41n3/41n3a08.pdf>

https://ufpso.edu.co/ftp/pdf/otros_documentos/informe_de_material_particulado_diciembre_-_junio_115810_1594.pdf

<http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/3947/1/T-UCE-0013-Ab-234.pdf>

http://www.minambiente.gov.co/documentos/normativa/ambiente/politica/polit_calidad_aire.pdf

http://www.univo.edu.sv:8081/tesis/019939/019939_Cap3.pdf

<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=12021522011>

http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0717-73482002000200006

http://www.%20catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lad/...j.../capitulo3.pdf

http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5357042&fecha=20/08/2014

<https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/INEC/IGUB/Diagnostico%20de%20salud%20Ambiental%20compilado.pdf>

<http://www.bdlaw.com/assets/htmldocuments/Colombia%20-%20Politica%20Calidad%20Aire.pdf>

<https://www.minsalud.gov.co/Paginas/Las-respuestas-de-MinSalud-para-enfrentar-la-contaminaci%C3%B3n-atmosf%C3%A9rica.aspx>

<http://www.nationalgeographic.es/medio-ambiente/calentamiento-global/contaminacion-aire>

<http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs313/es/>

http://www.actaodontologica.com/ediciones/2004/2/paciente_respirador_bucal.asp

http://ocana%20nortedesantander.gov.co/acuerdo_plan_de_desarrollo_2012_2015_oca_a_p_anticipativa_y_confiable_2.pdf

http://www.ocana-nortedesantander.gov.co/apc-aa-files/38656632356330656332656230383763/ACUERDO_PD_OCA_A_20.pdf

http://www.bioygeo.info/pdf/04_Contaminacion_Atmosferica.pdf

<http://repository.javeriana.edu.co/bitstream/10554/11886/1/RodriguezPatarroyoMarianadelPilar2012.pdf>

<http://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3903111>

<http://www.mapfre.com/fundacion/html/revistas/seguridad/n133/es/articulo1.html>

[http://file:///C:/Users/PC/Downloads/2445-12845-1-PB%20\(2\).pdf](http://file:///C:/Users/PC/Downloads/2445-12845-1-PB%20(2).pdf)

<http://archivo.cepal.org/pdfs/2001/S01050429.pdf>

http://datateca.unad.edu.co/contenidos/358007/Contenido_en_linea_Caraterizacion/leccin_1_antecedentes_histricos_de_la_contaminacin_atmosfrica.html

http://www.sinia.cl/1292/articles-51242_Estudio_cvargas.pdf

<http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/20939/1/TESIS.pdf>

<http://repositorio.puce.edu.ec/bitstream/handle/22000/8744/MONOGRAFIA%20PREVIA%20OBTENCION%20DE%20TITULO%20DE%20LICENCIATURA%20EN%20CIENCIAS%20QUIMICAS%20ESPECIALIDAD%20QUIMICA%20A.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

<http://ri.ues.edu.sv/5764/1/10125046.pdf>

https://books.google.com.co/books?id=XWIkBfrJ9SoC&pg=PA24&lpg=PA24&dq=muestras+no+probabil%C3%ADsticas&source=bl&ots=iiJSm5fjrc&sig=4oHlIH9C_cripkXBOP8uUAfFzs&hl=es&sa=X&ved=0CD8Q6AEwBjgUahUKEwisjseCuM3IAhUFGD4KHfHWAc4#v=onepage&q=muestras%20no%20probabil%C3%ADsticas&f=false

ANEXOS

Anexo D. Formato de registro Aforo vehicular.

HORA	CLASIFICACION						Total
	#1	#2	#3	#4	#5	#6	
00:00 - 00:59							
01:00 - 01:59							
02:00 - 02:59							
03:00 - 03:59							
04:00 - 04:59							
05:00 - 05:59							
06:00 - 06:59							
07:00 - 07:59							
08:00 - 08:59							
09:00 - 09:59							
10:00 - 10:59							
11:00 - 11:59							
12:00 - 12:59							
13:00 - 13:59							
14:00 - 14:59							
15:00 - 15:59							
16:00 - 16:59							
17:00 - 17:59							
18:00 - 18:59							
19:00 - 19:59							
20:00 - 20:59							
21:00 - 21:59							
22:00 - 22:59							
23:00 - 23:59							
Total							
Porcentaje Total							
Porcentaje AM							
Porcentaje PM							
PM Pico Volumen							

Esquema de Clasificación: Nevada DOT Lengths (ID: 5)
 #1 Motocicleta
 #2 Vehículos de pasajeros
 #3 Camión de dos ejes sencillo
 #4 Vehículo sencillo
 #5 Camión de carga sencillo
 #6 Multi remolque (camión de carga)

Anexo E. Oficios presentados para obtener autorización sobre información.

O-AC-PIA-0010
03.20.01.00 140,28

Ocaña, 26 de enero de 2015

Doctor
FELIPE CRIADO AUSSANT
Secretario de Desarrollo Humano
Ocaña

Asunto: Solicitud

Cordial saludo:

Por medio de la presente solicito a usted respetuosamente se facilite información respecto a eventos de salud pública por infecciones respiratorias agudas (IRA) que se presentan en el municipio; específicamente los datos correspondientes al año 2014 y los casos que se vayan presentando semanalmente a lo largo del año 2015 para ser usados con fines académicos en el proyecto de investigación titulado: "Evaluación de los efectos en salud relacionados con la contaminación del aire. Nivel Intermedio. Para el casco urbano del municipio de Ocaña, Norte de Santander", que será desarrollado por los estudiantes Eliana Contreras Carrillo, Andrés Forero Ruidiaz y Dirigido por el Ingeniero Ambiental Alexander Armesto Arenas.

Agradecemos su colaboración en pro de un mejoramiento continuo en este proceso.



MARLON ALFONSO ALVAREZ BLANCO
Director Plan de Estudios Ing. Ambiental

Anexos: Adjunto Resumen propuesta de Grado

Bibliana C.



VIA ACOLSURE, SEDE EL ALGODONAL OCAÑA N. DE S.
Linea Gratuita Nacional 018000121022 / PBX:097-5690088 / Código Postal 546552
www.ufpso.edu.co



O-AC-PIA-0008
03.20.01.00 140,28

Ocaña, 26 de enero de 2015

Señora
YULIED NAVARRO CRIADO
Coordinadora de Salud Publica
Ocaña

Asunto: Solicitud

Cordial saludo:

Por medio de la presente solicito a usted respetuosamente se facilite información respecto a eventos de salud pública por infecciones respiratorias agudas (IRA) que se presentan en el municipio; específicamente los datos correspondientes al año 2014 y los casos que se vayan presentando semanalmente a lo largo del año 2015 para ser usados con fines académicos en el proyecto de investigación titulado: "Evaluación de los efectos en salud relacionados con la contaminación del aire. Nivel Intermedio. Para el casco urbano del municipio de Ocaña, Norte de Santander", que será desarrollado por los estudiantes Eliana Contreras Carrillo, Andris Forero Ruidiaz y Dirigido por el Ingeniero Ambiental Alexander Armesto Arenas.

Agradecemos su colaboración en pro de un mejoramiento continuo en este proceso.



MARLON ALFONSO ALVAREZ BLANCO
Director Plan de Estudios Ing. Ambiental

Anexos: Adjunto Resumen propuesta de Grado

Bibiana C.

Anexo F. Formato: Análisis casos ERA.

Zona o Área	Clasificación de la zona o área según niveles de contaminación del aire	Edad	No. Casos													
			Faringitis		Amigdalitis		Laringitis		Bronquitis		Bronquiolitis		Rinofaringitis		Neumonía	
			M	F	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F
		< 1														
		1-4														
		5-14														
		15-44														
		45-59														
		≥ 60														

Zona o Área	Total, Población	No. Casos							
		Faringitis	Amigdalitis	Laringitis	Bronquitis	Bronquiolitis	Rinofaringitis	Neumonía	

Anexo G. Cronograma de Actividades.

Tiempo Actividades del proyecto	Meses															
	I mes				II mes				III mes				IV mes			
	Semanas															
	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV
FASE 1. RECOPIACIÓN DE LA INFORMACIÓN																
Recopilación y registro de los datos de concentración de material particulado pm10																
Recopilación y registro de información de los factores meteorológicos.																
Recopilación y registro de los datos por Enfermedades Respiratorias Agudas (ERA) del Centro de Salud de Atención: Hospital Emiro Quintero Cañizares E.S.E																
Realización aforo vehicular en un punto de la vía principal, por medio de un contador de vehículos.																
FASE 2. ANÁLISIS DE INFORMACIÓN (Análisis estadístico descriptivo o análisis exploratorio de datos.)																
Análisis de concentración de pm10: Organización, presentación y representación de datos.																
Análisis de la influencia de los factores meteorológicos por tráfico vehicular (fuente móvil) en la concentración de material particulado pm10.																
Análisis de datos de los efectos en salud.																
Análisis de asociación entre pm10 y efectos en salud.																
Análisis de flujo vehicular mediante el uso del software Modelacion. Envimet 3.1.que permite el modelamiento de la dispersión de partículas de pm10.																
FASE 3. PRESENTACIÓN DE ANÁLISIS DE RESULTADOS, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.																

Anexo H. Total población casos de Enfermedades Respiratorias, Hospital Emiro Quintero Cañizares E.S.E, Ocaña, Norte de Santander.

Zona o Área	Total, población	Periodo: 1 Año (diciembre 2014-diciembre 2015)									Total casos ERA
		Faringitis	Amigdalitis	Laringitis	Bronquitis	Bronquiolitis	Rinofaringitis	Neumonía	IRA sin especificar	Otros casos ERA	
Ocaña, Norte de Santander	90,037 Habitantes	247	1359	61	2127	448	2314	245	471	661	7933

Fuente. El Autor, 2015.

		Semana: 2- Año:2015			Faringitis		Rinofaringitis		Laringitis		Bronquitis		Bronquiolitis		Neumonía		Amigdalitis		
2 de oct:	0	Altos.N	0		M	F	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F	
asovigi:	0	SAUCES	0	< 1			3					1						1	5
colin.flo:		perla	0	1--4			1	1									1	3	
gloria:		santa clara	6	5--14													1	1	
crisales:		villa paraiso	5	15-44		1		2										3	
villamar:		galan	0	45-59														0	
bermejil:	1			≥ 60														0	
libano:				Total		1	4	3				1					2	1	12
		Semana: 3- Año:2015			Faringitis		Rinofaringitis		Laringitis		Bronquitis		Bronquiolitis		Neumonía		Amigdalitis		
2 de oct:	0	Altos.N	2		M	F	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F	
asovigi:	0	SAUCES	3	< 1	1			1				1	1						4
colin.flo:	2	perla	1	1--4				2	1								1	2	6
gloria:	1	santa clara	3	5--14															0
crisales:		villa paraiso	1	15-44								1							1
villamar:		galan		45-59										1					1
bermejil:				≥ 60							1								1
libano:				Total	1			3	1			1	2	1	1		1	2	13
		Semana: 4- Año:2015			Faringitis		Rinofaringitis		Laringitis		Bronquitis		Bronquiolitis		Neumonía		Amigdalitis		
2 de oct:	0	Altos.N	0		M	F	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F	
asovigi:	0	SAUCES	2	< 1			1						1						2
colin.flo:	0	perla	0	1--4								1						1	2
gloria:	0	santa clara	4	5--14													1		1
crisales:	0	villa paraiso	0	15-44			1												1
villamar:		galan	1	45-59			1												1
bermejil:				≥ 60															0
libano:				Total			3					1	1				1	1	7
		Semana: 5- Año:2015			Faringitis		Rinofaringitis		Laringitis		Bronquitis		Bronquiolitis		Neumonía		Amigdalitis		
2 de oct:	1	Altos.N	0		M	F	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F	
asovigi:		SAUCES	2	< 1														1	1
colin.flo:		perla	0	1--4														2	2
gloria:		santa clara	1	5--14							1								1
crisales:		villa paraiso	0	15-44				1											1
villamar:		galan	1	45-59															0

		Semana: 17- Año:2015			Faringitis		Rinofaringitis		Laringitis		Bronquitis		Bronquiolitis		Neumonía		Amigdalitis				
2 de oct:		Altos.N			M	F	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F			
asovigi:	4	SAUCES	3	< 1			1				1						1		3		
colin.flo:		perla	5	1--4			2	1				1	2			2			1	9	
gloria:	1	santa clara	5	5--14							2		1					2	1	6	
crisales:		villa paraiso	4	15-44			2						1							3	
villamar:		galan	3	45-59							1		1						1	3	
bermejil:	1			≥ 60							1		2							3	
libano:				Total			5	1			5	1	7			2			3	3	27
		Semana: 18- Año:2015			Faringitis		Rinofaringitis		Laringitis		Bronquitis		Bronquiolitis		Neumonía		Amigdalitis				
2 de oct:		Altos.N			M	F	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F			
asovigi:	3	SAUCES	3	< 1			2						1			1				4	
colin.flo:		perla	1	1--4			1	1			1		1						1	5	
gloria:		santa clara	6	5--14				1				1	1						1	4	
crisales:		villa paraiso	1	15-44				1			1								1	3	
villamar:		galan	5	45-59																0	
bermejil:				≥ 60									2			1				3	
libano:				Total			3	3			2	1	4	1		1			1	2	19
		Semana: 19- Año:2015			Faringitis		Rinofaringitis		Laringitis		Bronquitis		Bronquiolitis		Neumonía		Amigdalitis				
2 de oct:		Altos.N			M	F	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F			
asovigi:	1	SAUCES	1	< 1		1	1	1												3	
colin.flo:		perla	1	1--4			2	1				1							1	5	
gloria:		santa clara	3	5--14				1												1	
crisales:	1	villa paraiso		15-44								1								1	
villamar:		galan	5	45-59								1								1	
bermejil:				≥ 60								1								1	
libano:				Total		1	3	3				4				0			1	12	
		Semana: 20- Año:2015			Faringitis		Rinofaringitis		Laringitis		Bronquitis		Bronquiolitis		Neumonía		Amigdalitis				
2 de oct:		Altos.N			M	F	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F			
asovigi:	1	SAUCES	3	< 1			2							3						5	
colin.flo:		perla	6	1--4				3			3		2						2	1	11
gloria:	2	santa clara	7	5--14			1												1		2
crisales:	2	villa paraiso	1	15-44	1									1							2
villamar:		galan	1	45-59																1	1

2 de oct:		Altos.N			M	F	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F							
asovigi:	4	SAUCES	1	< 1											1		1			5					
colin.flo:		perla	2	1--4			1				1		1						1	4					
gloria:		santa clara	4	5--14															1	2					
crisales:	1	villa paraiso	2	15-44			1										1		1	3					
villamar:		galan	2	45-59							1									2					
bermejaj:	1	rivera		≥ 60							1									1					
libano:			11	Total			2		5				3		1		1		2	17					
	6	Semana: 33- Año:2015			Faringitis			Rinofaringitis			Laringitis			Bronquitis			Bronquiolitis			Neumonía			Amigdalitis		
2 de oct:		Altos.N			M	F	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F					
asovigi:	1	SAUCES	3	< 1			3		1				1									5			
colin.flo:		perla	3	1--4			1		1											2		4			
gloria:		santa clara	5	5--14	1		1		2				1						2		2	9			
crisales:	2	villa paraiso	3	15-44		1							1							1		3			
villamar:		galan	5	45-59								1										1			
bermejaj:		rivera		≥ 60																		0			
libano:			19	Total	1	1	5		4				1	1	2					4	1	2	22		
	3	Semana: 34- Año:2015			Faringitis			Rinofaringitis			Laringitis			Bronquitis			Bronquiolitis			Neumonía			Amigdalitis		
2 de oct:		Altos.N	2		M	F	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F					
asovigi:	1	SAUCES	5	< 1			3		2						2	1				2		10			
colin.flo:		perla	4	1--4			1		2				1		1					1		6			
gloria:		santa clara	8	5--14			1	1	2	1										1		7			
crisales:	4	villa paraiso	2	15-44					1				1		1					1		5			
villamar:	1	galan	6	45-59								1										1			
bermejaj:	1	rivera		≥ 60			2	1					2									5			
libano:			27	Total			7	2	1	6	1		3		2		4	1		5		34			
	7	Semana: 35- Año:2015			Faringitis			Rinofaringitis			Laringitis			Bronquitis			Bronquiolitis			Neumonía			Amigdalitis		
2 de oct:	1	Altos.N	1		M	F	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F					
asovigi:	3	SAUCES	2	< 1																		0			
colin.flo:		perla	1	1--4			2					1	1	1		1						6			
gloria:		santa clara	7	5--14										1						1		4			
crisales:		villa paraiso	2	15-44										2								2			
villamar:		galan	2	45-59					1					1								2			
bermejaj:		rivera		≥ 60			1						1		2				1			5			

Anexo J. Resultado mediciones Material Particulado PM10 y su respectivo Índice de Calidad del Aire.

N°	Fecha	[]µg/m3	ICA
Columna1	Columna2	Columna12	Columna13
1	06/12/2014	56,88	51,93
2	10/12/2014	39,91	36,96
3	14/12/2014	28,74	26,61
4	18/12/2014	50,22	46,50
5	22/12/2014	54,87	50,94
6	26/12/2014	39,91	36,96
7	30/12/2014	44,00	40,74
PROMEDIO	0	44,93	41,61
8	03/01/2015	42,37	39,23
9	07/01/2015	57,74	52,36
10	11/01/2015	41,87	38,77
11	15/01/2015	53,83	49,84
12	19/01/2015	33,24	30,77
13	23/01/2015	32,22	29,83
14	27/01/2015	56,94	51,96
15	31/01/2015	58,36	52,66
PROMEDIO	0	47,07	43,18
16	04/02/2015	64,47	55,69
17	08/02/2015	55,83	51,41
18	12/02/2015	43,22	40,02
19	16/02/2015	35,21	32,61
20	20/02/2015	48,80	45,19
21	24/02/2015	52,77	48,86
22	28/02/2015	57,12	52,05
PROMEDIO	0	51,06	46,55
23	04/03/2015	59,66	53,30
24	08/03/2015	53,19	49,25
25	12/03/2015	67,82	57,34
26	16/03/2015	79,08	62,92
27	20/03/2015	39,08	36,19
29	28/03/2015	85,86	66,28
PROMEDIO	0	64,11	54,21
30	01/04/2015	78,73	62,74
31	05/04/2015	32,20	29,81

32	09/04/2015	64,42	55,66
33	13/04/2015	44,08	40,82
34	17/04/2015	44,89	41,57
35	21/04/2015	42,78	39,61
36	25/04/2015	63,40	55,16
37	29/04/2015	81,35	64,04
PROMEDIO	0	56,48	51,73
38	03/05/2015	78,50	62,63
39	07/05/2015	86,21	66,45
40	11/05/2015	85,15	65,92
41	15/05/2015	44,73	41,42
45	31/05/2015	50,32	46,59
PROMEDIO	0	68,982	56,60
46	04/06/2015	125,53	85,91
47	08/06/2015	54,41	50,71
48	12/06/2015	45,11	41,77
49	16/06/2015	44,16	40,89
50	20/06/2015	51,48	47,67
51	24/06/2015	50,05	46,35
52	28/06/2015	38,77	35,90
PROMEDIO	0	64,95	49,89
53	02/07/2015	46,67	43,21
54	06/07/2015	48,06	44,50
55	10/07/2015	34,47	31,92
56	14/07/2015	45,33	41,97
57	18/07/2015	50,61	46,86
58	22/07/2015	52,04	48,18
59	26/07/2015	27,30	25,28
60	30/07/2015	51,23	47,43
PROMEDIO	0	44,46	41,17
61	03/08/2015	49,20	45,56
62	07/08/2015	45,54	42,17
63	11/08/2015	39,64	36,71
69	04/09/2015	54,87	50,94
73	20/09/2015	21,05	19,49
74	24/09/2015	44,10	40,84
75	28/09/2015	43,57	40,34
PROMEDIO	0	40,90	37,90

76	02/10/2015	36,19	33,51
77	06/10/2015	35,80	33,15
78	10/10/2015	31,18	28,87
79	14/10/2015	32,02	29,65
80	18/10/2015	44,11	40,84
81	22/10/2015	47,30	43,80
82	26/10/2015	58,71	52,84
83	30/10/2015	53,86	49,87
PROMEDIO	0	45,99	42,33
84	03/11/2015	32,59	30,18
85	07/11/2015	27,78	25,72
86	11/11/2015	38,93	36,04
88	19/11/2015	37,52	34,74
89	23/11/2015	9,21	8,53
90	27/11/2015	25,29	23,42
PROMEDIO	0	28,55	26,44
91	01/12/2015	50,06	46,36
92	05/12/2015	37,65	34,86

Anexo K. Resultados de emisiones por tipo de vehículo.

HORA	TIPO DE VEH	EMISION gr/hora	Emisión µg/s
	#1. Motocicleta		
00:00 - 00:59			
01:00 - 01:59			
02:00 - 02:59			
03:00 - 03:59			
04:00 - 04:59			
05:00 - 05:59	0	0	0
06:00 - 06:59	132	16	4401
07:00 - 07:59	235	28	7848
08:00 - 08:59	257	31	8582
09:00 - 09:59	284	34	9462
10:00 - 10:59	312	37	10415
11:00 - 11:59	191	23	6381
12:00 - 12:59	255	31	8508
13:00 - 13:59	264	32	8802
14:00 - 14:59	312	37	10415
15:00 - 15:59	297	36	9902
16:00 - 16:59	229	27	7628
17:00 - 17:59	222	27	7408
18:00 - 18:59	31	4	1027
19:00 - 19:59			
20:00 - 20:59			
21:00 - 21:59			

8172 ref nB9 120.14 0.960

22:00 - 22:59

04:00 - 04:59			
05:00 - 05:59	0	0	0
06:00 - 06:59	169	18	4942
07:00 - 07:59	251	26	7316
08:00 - 08:59	321	34	9370
09:00 - 09:59	308	32	8985
10:00 - 10:59	282	30	8215
11:00 - 11:59	301	32	8792
12:00 - 12:59	310	33	9049
13:00 - 13:59	310	33	9049
14:00 - 14:59	273	29	7958
15:00 - 15:59	315	33	9177
16:00 - 16:59	350	37	10204
17:00 - 17:59	268	28	7830
18:00 - 18:59	31	3	898
19:00 - 19:59			
20:00 - 20:59			
21:00 - 21:59			
22:00 - 22:59			
23:00 - 23:59			
Total	3490	366	101787
Porcentaje Total	39	4	1146
HORA	#3. Camión de dos ejes sencillo	EMSION gr/hora	Emisión µg/s
00:00 - 00:59			
01:00 - 01:59			
02:00 - 02:59			
03:00 - 03:59			
04:00 - 04:59			
05:00 - 05:59	0	0	0
06:00 - 06:59	11	5	1375
07:00 - 07:59	18	8	2200
08:00 - 08:59	20	9	2475
09:00 - 09:59	24	11	3026
10:00 - 10:59	42	19	5226
11:00 - 11:59	33	15	4126
12:00 - 12:59	11	5	1375

13:00 - 13:59	35	16	4401
14:00 - 14:59	20	9	2475
15:00 - 15:59	20	9	2475
16:00 - 16:59	20	9	2475
17:00 - 17:59	31	14	3851
18:00 - 18:59	4	2	550
19:00 - 19:59			
20:00 - 20:59			
21:00 - 21:59			
22:00 - 22:59			
23:00 - 23:59			
Total	288	130	36031
Porcentaje Total	3	1	406
HORA	#4. Vehículo sencillo	EMSION gr/hora	Emisión µg/s
00:00 - 00:59			
01:00 - 01:59			
02:00 - 02:59			
03:00 - 03:59			
04:00 - 04:59			
05:00 - 05:59	0	0	0
06:00 - 06:59	13	2	550
07:00 - 07:59	44	7	1834
08:00 - 08:59	46	7	1925
09:00 - 09:59	51	8	2109
10:00 - 10:59	81	12	3392
11:00 - 11:59	64	10	2659
12:00 - 12:59	57	9	2384
13:00 - 13:59	55	8	2292
14:00 - 14:59	48	7	2017
15:00 - 15:59	92	14	3851
16:00 - 16:59	66	10	2750
17:00 - 17:59	73	11	3026
18:00 - 18:59	11	2	458
19:00 - 19:59			
20:00 - 20:59			

21:00 - 21:59			
22:00 - 22:59			
23:00 - 23:59			
Total	702	105	29247
Porcentaje Total	8	1	329
HORA	#5. Camión de carga sencillo	EMSION gr/hora	Emisión µg/s
00:00 - 00:59			
01:00 - 01:59			
02:00 - 02:59			
03:00 - 03:59			
04:00 - 04:59			
05:00 - 05:59	0	0	0
06:00 - 06:59	40	24	6601
07:00 - 07:59	81	49	13569
08:00 - 08:59	75	45	12469
09:00 - 09:59	81	49	13569
10:00 - 10:59	108	65	17970
11:00 - 11:59	125	75	20904
12:00 - 12:59	92	55	15403
13:00 - 13:59	70	42	11735
14:00 - 14:59	112	67	18703
15:00 - 15:59	103	62	17236
16:00 - 16:59	117	70	19437
17:00 - 17:59	123	74	20537
18:00 - 18:59	7	4	1100
19:00 - 19:59			
20:00 - 20:59			
21:00 - 21:59			
22:00 - 22:59			
23:00 - 23:59			
Total	1135	681	189234
Porcentaje Total	13	8	2130
HORA	#6. Multiremolque (camión de carga)	EMSION gr/hora	Emisión µg/s
00:00 - 00:59			
01:00 - 01:59			

02:00 - 02:59			
03:00 - 03:59			
04:00 - 04:59			
05:00 - 05:59	0	0	0
06:00 - 06:59	9	20	5501
07:00 - 07:59	18	40	11002
08:00 - 08:59	20	45	12377
09:00 - 09:59	22	50	13752
10:00 - 10:59	40	89	24754
11:00 - 11:59	31	69	19253
12:00 - 12:59	22	50	13752
13:00 - 13:59	18	40	11002
14:00 - 14:59	9	20	5501
15:00 - 15:59	20	45	12377
16:00 - 16:59	15	35	9627
17:00 - 17:59	20	45	12377
18:00 - 18:59	2	5	1375
19:00 - 19:59			
20:00 - 20:59			
21:00 - 21:59			
22:00 - 22:59			
23:00 - 23:59			
Total	244	550	152652
Porcentaje Total	3	6	1718

Fuente. El Autor, 2015

Anexo L. Resultado número de vehículos de acuerdo a clasificación.

CLASIFICACION							
HORA	#1. Motocicleta	#2. Vehículos pasajeros	#3. Camión de dos ejes sencillo	#4. Vehículo sencillo	#5. Camión de carga sencillo	#6. Multiremolque (camión de carga)	Total
00:00 - 00:59							
01:00 - 01:59							
02:00 - 02:59							
03:00 - 03:59							
04:00 - 04:59							
05:00 - 05:59	0	0	0	0	0	0	0
06:00 - 06:59	132	169	11	13	40	9	374
07:00 - 07:59	235	251	18	44	81	18	647
08:00 - 08:59	257	321	20	46	75	20	739
09:00 - 09:59	284	308	24	51	81	22	770
10:00 - 10:59	312	282	42	81	108	40	865
11:00 - 11:59	191	301	33	64	125	31	746
12:00 - 12:59	255	310	11	57	92	22	748
13:00 - 13:59	264	310	35	55	70	18	753
14:00 - 14:59	312	273	20	48	112	9	775
15:00 - 15:59	297	315	20	92	103	20	847
16:00 - 16:59	229	350	20	66	117	15	797
17:00 - 17:59	222	268	31	73	123	20	737
18:00 - 18:59	31	31	4	11	7	2	86
19:00 - 19:59							
20:00 - 20:59							
21:00 - 21:59							
22:00 - 22:59							
23:00 - 23:59							
Total	3023	3490	288	702	1135	244	8883
Porcentaje Total	34	39	3	8	13	3	100

Fuente. El Autor, 2015.

Anexo M. Fotografías Aforo de Volumen Vehicular, sector Ciudadela Norte.



Fuente. El Autor, 2015.