

UNIVERSIDAD INCA GARCILASO DE LA VEGA

Nuevos Tiempos, Nuevas Ideas

ESCUELA DE POSGRADO DOCTOR LUIS CLAUDIO CERVANTES LIÑÁN



DOCTORADO EN MEDIO AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE

TESIS

**LOS EFECTOS DE LA POLUCIÓN AMBIENTAL POR
MICROPARTÍCULAS PM2.5 Y PM10 EN LA PRESENCIA DE
ENFERMEDADES RESPIRATORIAS EN LOS POBLADORES DEL
DISTRITO DE ATE**

PRESENTADO POR:

JUDITH LUZ BETETTA GÓMEZ

Para optar el grado de Doctor en Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible

ASESOR: Doctor. Cornelio Gonzales Torres

2019

DEDICATORIA

A la memoria de mi padre y hermanos.

A Enrique Ricce F. entrañable amigo

AGRADECIMIENTO

A todos mis profesores del Doctorado que
con su conocimiento y experiencia me apoyaron
a la culminación de este trabajo.

A Carlos, Olivia y Moisés

RESUMEN

La relación entre la contaminación del aire y las enfermedades pulmonares han sido reconocidas desde la antigüedad, y particularmente en el siglo XX, los efectos en la salud debido a la contaminación del aire por micropartículas PM₁₀ y PM_{2.5} cobró importancia y preocupación. Dos hechos marcaron hitos, así en el año 1930, dióxido de sulfuro de una fábrica local mezclado con una densa niebla fue emitido en el valle de Meuse en Bélgica, durante tres días, miles de personas sufrieron síntomas pulmonares agudos, y 60 personas murieron por causas respiratorias. En diciembre de 1952, una densa niebla de dióxido de sulfuro y partículas de humo descendieron sobre Londres, ocasionando más de 3000 muertes en las primeras tres semanas; pero sus efectos llegaron febrero de 1953 causando 12 000 muertos. Lo nefasto de la contaminación del aire es que hasta la fecha no es bien comprendida debido que los médicos no suelen percibir la relación entre la contaminación del aire y la salud de la población expresada mayormente en afecciones respiratorias.

Hasta la fecha pese al uso de energías alternativas al petróleo y sus derivados ha reducido la presencia de contaminantes como el NO₂, CO₂ y CO; pero el material particulado se mantiene en niveles muy por encima de lo recomendado por la Organización Mundial de la Salud (OMS), por esta razón este trabajo de investigación está enfocado a encontrar la relación y mostrar de qué manera la contaminación ambiental por micropartículas PM_{2.5} y PM₁₀ influye en la aparición de enfermedades respiratorias.

A la fecha la exposición al material particulado es el principal factor de riesgo ambiental siendo responsable de 4.2 millones de muertes por cardiopatías y neumopatías en el 2015 y ocupa el quinto puesto en la clasificación mundial de factores de riesgo para el total de muertes, según el Health Effects Institute (HEI,2017). Esta investigación fue de tipo aplicada, de nivel explicativo, con diseño ex post-facto y bajo método inductivo-deductivo. Los instrumentos fueron la recopilación de datos del SENAMHI-INEI para las micropartículas PM_{2.5} y PM₁₀, para el caso de las PM₁₀ se tomó como muestra el distrito de Ate y la de los 849 pacientes con afecciones respiratorias atendidos en el Hospital de Vitarte, y bajo una muestra estadística de 191.

Palabras claves: Micropartículas PM₁₀ PM_{2.5}, OMS, ECA, Afecciones respiratorias, Asma, Rinitis-Faringitis.

ABSTRACT

The relation between the air pollution and the pulmonary diseases has been recognized from the antiqueness, and particularly in the 20th century, the effects on health due to air pollution by particulate matter PM10 and PM2.5 became important and concern. Two main events made milestones. In 1930, a local factory emitted sulfur dioxide mixed with dense smog in Meuse's Valley in Belgium. For 3 days, many people suffered from pulmonary symptoms and 60 persons died for respiratory problems. On December in 1952, a dense smog of sulfur dioxide and particulates of smoke descended upon London, causing more than 3000 deaths in the first 3 weeks; but its effects arrived on February in 1953 causing 12000 deaths. Unfortunately, air pollution is not well understood because doctors usually don't perceive the relation between air pollution and the health of the patients expressed mostly in respiratory diseases.

Until now, despite the use of renewable energies which had reduced the presence of pollutants as the NO₂, CO₂ and CO; but particulate matter keeps maintaining in levels far away for what is recommend from the World Health Organization (WHO), for this reason this research work is focused on finding the relation and show in which manner air pollution due to particulate matter PM2.5 and PM10 influences in the apparition of respiratory diseases.

Nowadays, the exposition to particulate matter is the main factor of environmental risk. It has been responsible of 4.2 million of deaths for heart and pulmonary disease in 2015. It is also the fifth worldwide factor of risk for the total deaths in the world according to the Health Effects Institute (HEI, 2017). This investigation was applied type, explanatory level with an ex post facto design and under an inductive-deductive method. The instruments were the data of PM10 and PM2.5 collected by SENAMHI-INEI. In the case of PM10, it was taken as sample the district of Ate and the 849 patients with respiratory diseases attended at the Hospital of Vitarte, under an statistical sample of 191.

Key words: Microparticles, PM10, PM2.5, ECA, respiratory diseases, Asthma, Rhinitis-Pharyngitis

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1 RESULTADOS DE LOS EFECTOS DE LA CONTAMINACIÓN DEL AIRE EN LOS POBLADORES DE HARVARD(DOUGLAS W. DOCKERY & ARDEN POPE, 1993).....	7
TABLA 2 LISTA DE LOS HAPS SEGÚN LA IARC.....	21
TABLA 3 PAÍSES CON MAYOR CONCENTRACIÓN DE MICROPARTÍCULAS PM10 Y PM2.5	27
TABLA 4 PAÍSES CON MENOR CONCENTRACIÓN DE MICROPARTÍCULAS PM10 Y PM2.5	27
TABLA 5 CONCENTRACIÓN DE MICROPARTÍCULAS PM10 Y PM2.5 EN PAÍSES DE AMÉRICA LATINA.	28
TABLA 6. CANTIDAD DE FUENTES DE CONTAMINACIÓN DISPERSOS EN ATE EN EL 2010.(DIGESA, 2005)	33
TABLA 7. CLASIFICACIÓN DE LA RINITIS DE ACUERDO AL DOCUMENTO ARIA (LÓPEZ, 2013)	40
TABLA 8. ESTADÍSTICA ENTRE DECESOS POR AFECCIONES RESPIRATORIAS Y CARDIOVASCULARES POR AUMENTO DE PM (ANDERSON, THUNDIYIL, & STOLBACH, N.D.).....	42
TABLA 9. LÍMITES PERMISIBLES DE LOS AGENTES DE POLUCIÓN SEGÚN LA RESOLUCIÓN 601 DEL 2006	59
TABLA 10 CARACTERÍSTICAS ELEMENTALES DE LAS PERSONAS SEGÚN EXPOSICIÓN AL MATERIAL PARTICULADO Y SEXO.....	60
TABLA 11 SIGNOS NEUROPSICOLÓGICOS EN PERSONAS MÁS EXPUESTOS (60 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) Y MENOS EXPUESTOS (30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)	61
TABLA 12." ACCIÓN ESTRATÉGICA DEL PLAN NACIONAL DE ACCIÓN AMBIENTAL" 2011	70
TABLA 13. VARIABLES, DIMENSIONES E INDICADORES (ELABORACIÓN PROPIA)	76
TABLA 14. RESUMEN DE LA PRUEBA ÓMNIBUS APLICADA AL MODELO PM-ASMA.....	93
TABLA 15. RESUMEN DE LA PRUEBA DE EFECTOS DEL MODELO APLICADO AL PM10-ASMA	93
TABLA 16. ESTIMACIONES DE PARÁMETRO DEL MODELO PM-ASMA.....	93
TABLA 17. RESUMEN DE LA PRUEBA ÓMNIBUS APLICADA AL MODELO PM-RINITIS Y FARINGITIS.....	94
TABLA 18. RESUMEN DE LA PRUEBA DE EFECTOS DEL MODELO APLICADO AL MODELO PM10-RINITIS Y FARINGITIS.....	94
TABLA 19. ESTIMACIONES DE PARÁMETRO DEL MODELO PM10 Y RINITIS - FARINGITIS	95
TABLA 20. RESUMEN DE LA PRUEBA ÓMNIBUS APLICADA AL MODELO PM-CONSULTAS TOTALES	95
TABLA 21 RESUMEN DE LA PRUEBA DE EFECTOS DEL MODELO APLICADO AL MODELO PM10, RINITIS - FARINGITIS	96
TABLA 22. ESTIMACIONES DE PARÁMETRO DEL MODELO PM- CONSULTAS TOTALES	96
TABLA 23. TABLA QUE RELACIONA LA PERCEPCIÓN DE LA POLUCIÓN POR MICROPARTÍCULAS CON LAS AFECCIONES RESPIRATORIAS ...	97
TABLA 24. PRUEBAS DE CHI-CUADRADO.....	97
TABLA 25. TABLA DE FRECUENCIA SOBRE LA PERCEPCIÓN DEL MATERIAL PARTICULADO.....	98
TABLA 26 TABLA DE FRECUENCIA SOBRE LAS AFECCIONES RESPIRATORIAS	98
TABLA 27 TABLA QUE RELACIONA LA PERCEPCIÓN DE LA POLUCIÓN POR MICROPARTÍCULAS CON LA PRESENCIA DE ASMA, RINITIS-FARINGITIS	99
TABLA 28 PRUEBAS DE CHI-CUADRADO MICROPARTÍCULAS Y PRESENCIA DE ASMA- Y RINITIS-FARINGITIS	99
TABLA 29. TABLA DE FRECUENCIA SOBRE LA PERCEPCIÓN DEL MATERIAL PARTICULADO.....	99
TABLA 30. TABLA DE FRECUENCIA SOBRE LA PRESENCIA DE ASMA, RINITIS Y FARINGITIS.	99
TABLA 31. TABLA QUE RELACIONA LA PERCEPCIÓN DE LA POLUCIÓN POR MICROPARTÍCULAS CON LA PERCEPCIÓN DE LA CALIDAD DEL AIRE	100
TABLA 32 PRUEBAS DE CHI-CUADRADO DE MICROPARTÍCULAS Y PERCEPCIÓN DE LA CALIDAD DEL AIRE	101
TABLA 33. TABLA DE FRECUENCIA SOBRE LA PERCEPCIÓN DEL MATERIAL PARTICULADO.....	101

TABLA 34. TABLA DE FRECUENCIA SOBRE LA PERCEPCIÓN DE LA CALIDAD DEL AIRE	101
TABLA 35 TABLA QUE RELACIONA LA PERCEPCIÓN DE LA POLUCIÓN POR MICROPARTÍCULAS CON LA FRECUENCIA DE CONSULTAS....	102
TABLA 36 PRUEBAS DE CHI-CUADRADO DE PEARSON MICROPARTÍCULAS Y FRECUENCIA DE CONSULTAS	102
TABLA 37 TABLA DE FRECUENCIA SOBRE LA PERCEPCIÓN DEL MATERIAL PARTICULADO.....	103
TABLA 38 TABLA DE FRECUENCIA DE CONSULTAS	103
TABLA 39. TABLA QUE RELACIONA LA PERCEPCIÓN DE LA POLUCIÓN POR MICROPARTÍCULAS CON LOS AÑOS DE RESIDENCIA EN LOS DISTRITOS DE ATE.....	104
TABLA 40 PRUEBAS DE CHI-CUADRADO MICROPARTÍCULAS Y AÑOS DE RESIDENCIA EN EL DISTRITO DE ATE.....	104
TABLA 41. TABLA DE FRECUENCIA SOBRE LA PERCEPCIÓN DEL MATERIAL PARTICULADO.....	104
TABLA 42 TABLA DE FRECUENCIA SOBRE LOS AÑOS DE RESIDENCIA EN EL DISTRITO DE ATE	104

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1. COMPARACIÓN DEL TAMAÑO DE UN PELO Y DE LA ARENA FINA DE PLAYA CON PARTÍCULAS PM ₁₀ Y PM _{2.5} (AIRE CHILE, 2018)	14
FIGURA 2. ESQUEMA IDEALIZADO DE LOS DIFERENTES INTERVALOS DE TAMAÑO DE PARTÍCULAS (EPA, 1996)	14
FIGURA 3. CONTRIBUCIÓN PROMEDIO EN % DE LOS COMPONENTES QUÍMICOS DE LAS MICROPARTÍCULAS PM ₁₀ EN LA ZONA URBANA EN LA TEMPORADA DE INVIERNO	15
FIGURA 4. CONTRIBUCIÓN PROMEDIO EN % DE LOS COMPONENTES QUÍMICOS DE LAS MICROPARTÍCULAS PM ₁₀ EN LA ZONA RURAL EN LA TEMPORADA DE INVIERNO	16
FIGURA 5. CONTRIBUCIÓN PROMEDIO EN % DE LOS COMPONENTES QUÍMICOS DE LAS MICROPARTÍCULAS PM ₁₀ EN LA ZONA URBANA EN LA TEMPORADA DE VERANO	16
FIGURA 6. CONTRIBUCIÓN PROMEDIO EN % DE LOS COMPONENTES QUÍMICOS DE LAS MICROPARTÍCULAS PM ₁₀ EN LA ZONA RURAL EN LA TEMPORADA DE VERANO	17
FIGURA 7. LA CIUDAD DE LA OROYA FUE CONSIDERA UNA DE LAS CIUDADES MÁS CONTAMINADAS DEL MUNDO DEBIDO A LA ALTA CONCENTRACIÓN DE PLOMO PRESENTE EN EL AIRE DEBIDO A LA EXTRACCIÓN MINERA.	19
FIGURA 8. CONFIGURACIÓN MOLECULAR DEL DIBENZO [A,L] PIRENO	20
FIGURA 9. CONFORMACIÓN QUÍMICA DE LOS PRINCIPALES HIDROCARBUROS AROMÁTICOS POLICÍCLICOS (HAPs)	22
FIGURA 10. PROMEDIOS PONDERADOS POR POBLACIÓN PARA LAS CONTRIBUCIONES DE FUENTES RELATIVAS AL PM ₁₀ TOTAL EN SITIOS URBANOS.(EU, 2015)	23
FIGURA 11. PROMEDIOS PONDERADOS POR LA POBLACIÓN PARA LAS CONTRIBUCIONES DE FUENTES RELATIVAS AL PM _{2.5} TOTAL EN SITIOS URBANOS(EU, 2015)	23
FIGURA 12. CLASIFICACIÓN MUNDIAL DE LOS FACTORES DE RIESGO PARA EL TOTAL DE MUERTES POR TODAS LAS CAUSAS EN EL 2015 (HEALTH EFFECTS INSTITUTE, 2017)	24
FIGURA 13. PROMEDIO ANUAL DE CONCENTRACIONES PONDERADAS DE PM _{2.5} EN LA POBLACIÓN EN 2015.(HEALTH EFFECTS INSTITUTE, 2017)	25
FIGURA 14. PROMEDIO PONDERADO ANUAL DE PM _{2.5} A TRAVÉS DEL TIEMPO EN LOS 10 PAÍSES MÁS POBLADOS Y LA UNIÓN EUROPEA	25
FIGURA 15. COMENTARIOS DEL NUEVO HERALD R RESPECTO A LA CALIDAD DEL AIRE A NIVEL MUNDIAL	26
FIGURA 16. PAUTAS DE CALIDAD DEL AIRE (WORLD HEALTH ORGANIZATION, 2006)	26
FIGURA 17. DISTRITOS MÁS CONTAMINADOS DE LIMA (ELABORACIÓN PROPIA)	29
FIGURA 18 EVOLUCIÓN HORARIA DEL PM ₁₀ A TRAVÉS DE LA SEMANA EN EL CONO NORTE DE LIMA METROPOLITANA EN EL 2015.(SENAMHI, 2015)	30
FIGURA 19. ORIENTACIÓN DEL VIENTO EN LIMA METROPOLITANA A LAS 10:00 AM. DICHO PATRÓN SE REPITE FRECUENTEMENTE A DIARIO EN LAS MAÑANAS.(WINDY, 2018)	31
FIGURA 20 EVOLUCIÓN DEL PM ₁₀ A TRAVÉS DE LA SEMANA EN EL CONO ESTE DE LIMA METROPOLITANA EN EL 2015.(SENAMHI, 2015)	31

FIGURA 21. EVOLUCIÓN DEL PM ₁₀ A TRAVÉS DE LA SEMANA EN EL CENTRO Y SUR DE LIMA METROPOLITANA EN EL 2015.(SENAMHI, 2015).....	32
FIGURA 22. ÓRGANOS AFECTADOS EN FUNCIÓN DEL TAMAÑO DEL MATERIAL PARTICULADO.....	34
FIGURA 23 ALTERACIONES DE LAS VÍAS RESPIRATORIAS DEBIDO A UN EPISODIO DE ASMA(WIKIPEDIA, 2008).....	38
FIGURA 24. SÍNTOMAS DEL ASMA (CARRAL, 2011)	39
FIGURA 25. PRINCIPALES SÍNTOMAS DE LA RINITIS(ATX ELKARTEA, 2017) DEBE SER FIGURA 25 ¿CÓMO SE ACTUALIZA?	40
FIGURA 26. AFECCIÓN FARÍNGEA ETF 1949.WORDPRESS.COM.....	41
FIGURA 27. MEDIDA DEL PM ₁₀ EN UN DÍA EN EL ÁREA METROPOLITANA	49
FIGURA 28. MEDIDA DEL PM _{2.5} EN UN DÍA EN EL ÁREA METROPOLITANA	49
FIGURA 29. MORBILIDAD POR HOSPITALIZACIÓN VALLE DE ABURRÁ – 2013.....	50
FIGURA 30. INCIDENCIA DE CÁNCER EN LAS VÍAS AÉREAS ALTAS EN LOS ÚLTIMOS 15 AÑOS EN EL VA.	50
FIGURA 31. ESPECTRO DE LA RESPUESTA BIOLÓGICA A LOS CONTAMINANTES	52
FIGURA 32. CONCENTRACIÓN MEDIA DE PST (µG/M ³) EN LA METRÓPOLIS,2000-2005	60
FIGURA 33. CONCENTRACIONES PROMEDIO DE PM ₁₀ (µG/M ³) EN EL ÁREA METROPOLITANA, 2000-2005	61
FIGURA 34. SÍNTOMAS EN LAS PERSONAS CON MAYOR EXPOSICIÓN (60 µG/M ³) Y MENOR EXPOSICIÓN (30 µG/M ³) A MICROPARTÍCULAS PM ₁₀	62
FIGURA 35. CONCENTRACIONES DE PM ₁₀ MONITOREADAS EN LIMA METROPOLITANA EL 26/10/2018 AL MEDIO DÍA.(SENAMHI, 2018).....	72
FIGURA 36 EVOLUCIÓN DEL PROMEDIO DIARIO DEL MATERIAL PARTICULADO PM _{2.5} Y PM ₁₀ , SETIEMBRE 28 2018 EQUIPO PROPIO TEMTOP AIR QUALITY MONITOR	83
FIGURA 37 ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA EVOLUCIÓN DEL MATERIAL PARTICULADO PM _{2.5} Y PM ₁₀ ENTRE EL TEMTOP AIR QUALITY MONITOR Y SENAMHI, DURANTE UN DÍA DEL MES DE SETIEMBRE DEL AÑO 2018	83
FIGURA 38 ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA EVOLUCIÓN DEL MATERIAL PARTICULADO PM _{2.5} ENTRE EL TEMPTOP AIR QUALITY MONITOR Y SENAMHI, DURANTE EL AÑO 2018, MESES DE AGOSTO Y SETIEMBRE	84
FIGURA 39. ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA EVOLUCIÓN DEL MATERIAL PARTICULADO PM ₁₀ ENTRE EL TEMPTOP AIR QUALITY MONITOR Y SENAMHI, DURANTE EL AÑO 2018, MESES DE AGOSTO Y SETIEMBRE	85
FIGURA 40. EVOLUCIÓN DEL MATERIAL PARTICULADO PM _{2.5} Y PM ₁₀ , AÑO 2018 SEGÚN SENAMHI	85
FIGURA 41. EVOLUCIÓN DEL MATERIAL PARTICULADO PM _{2.5} Y PM ₁₀ DURANTE LOS ÚLTIMOS TRES AÑOS EN EL DISTRITO DE ATE SEGÚN SENAMHI.....	86
FIGURA 42 FRECUENCIA DE MICROPARTÍCULAS.....	87
FIGURA 43 EVOLUCIÓN DE LA MEDIA MENSUAL DEL PM ₁₀ DATA SENAMHI-INEI Y NÚMERO DE CONSULTAS DIAGNOSTICADAS EN PACIENTES CON ASMA, BRONQUITIS - RINOFARINGITIS EN EL HOSPITAL DE VITARTE, DURANTE LOS ÚLTIMOS TRES AÑOS 2016, 2017, 2018	88
FIGURA 44 EVOLUCIÓN DE LA MEDIA MENSUAL DEL PM ₁₀ Y PM _{2.5} DATA SENAMHI-INEI Y NÚMERO DE CONSULTAS TOTALES POR AFECCIONES RESPIRATORIAS EN EL HOSPITAL DE VITARTE, DURANTE LOS ÚLTIMOS TRES AÑOS 2016, 2017, 2018	89
FIGURA 45 FRECUENCIA ASMA, RINITIS-FARINGITIS	90
FIGURA 46 FRECUENCIA DE LA PERCEPCIÓN DE LA CALIDAD DE AIRE	91
FIGURA 47 FRECUENCIA DE CONSULTAS HOSPITALARIAS	91

FIGURA 48. AÑOS DE RESIDENCIA EN EL DISTRITO DE ATE.....	92
FIGURA 49. GRÁFICA DE DISPERSIÓN ENTRE LAS CONSULTAS DE ASMA (EJE Y) Y EL PM10 (EJE X) DONDE SE INCLUYE LA LÍNEA DE TENDENCIA EXPONENCIAL Y LA ECUACIÓN DEL MODELO LOGARÍTMICO.	94
FIGURA 50 GRÁFICA DE DISPERSIÓN ENTRE LAS CONSULTAS DE RINITIS Y FARINGITIS (EJE Y) Y EL PM10 (EJE X) DONDE SE INCLUYE LA LÍNEA DE TENDENCIA EXPONENCIAL Y LA ECUACIÓN DEL MODELO LOGARÍTMICO.....	95
FIGURA 51 GRÁFICA DE DISPERSIÓN ENTRE LAS CONSULTAS TOTALES (EJE Y) Y EL PM10 (EJE X) DONDE SE INCLUYE LA LÍNEA DE TENDENCIA EXPONENCIAL Y LA ECUACIÓN DEL MODELO LOGARÍTMICO.	96
EL EQUIPO UTILIZADO EN EL PROCESO DE REGISTRO Y RECOLECCIÓN DE DATOS ES EL TEMTOP AIR QUALITY MONITOR PM2.5/PM10 DETECTOR AIRING – 1000 FIGURA 52, FIGURA 27 Y FIGURA 28, HERRAMIENTA DE PRUEBA IDEAL PARA MONITOREAR LA CALIDAD DEL AIRE, ESTE DISPOSITIVO TIENE UN SENSOR QUE UTILIZA LA PRUEBA LASER PARA LA MEDICIÓN DE PM2.5 Y PM10. DEBE EVITARSE QUE BATAN, PENETREN, ETC. ENTREN EN EL DETECTOR SUSTANCIAS INAPROPIADAS PARA GARANTIZAR LA PRECISIÓN DE LOS DATOS DE PRUEBA.	123

INDICE DE ANEXOS:

Anexo A: Principio de funcionamiento del equipo medidor de PM2.5 y PM10. Temtop Air Quality MONITOR.....	116
Anexo B: ENCUESTA	130

ÍNDICE

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTO

RESUMEN

ABSTRACT

ÍNDICE DE TABLAS

ÍNDICE DE FIGURAS

INDICE DE ANEXOS:

INTRODUCCIÓN	1
CAPITULO I	2
FUNDAMENTOS TEÓRICOS DE LA INVESTIGACIÓN	2
1.1 Marco Histórico	2
1.1.1. Polución Ambiental por Micropartículas PM ₁₀ y PM _{2.5}	3
1.1.2. Presencia de Enfermedades Respiratorias	6
1.2. Marco Filosófico.....	9
1.3. Marco Teórico	12
1.3.1. Micropartículas PM ₁₀ y PM _{2.5}	13
1.3.2. Características Físicas	13
1.3.3. Características Químicas.....	14
1.3.4. Fuentes de contaminación atmosférica	23
1.3.4.1. Fuentes de origen natural	23
1.3.4.2. Fuentes de origen artificial o antropogénicos	23
1.3.5. Material Particulado en el Mundo.....	24
1.3.6. Micropartículas PM _{2.5} y PM ₁₀ en Latinoamérica.....	27
1.3.7. Micropartículas PM _{2.5} y PM ₁₀ en Lima Metropolitana.....	29
1.3.8. Micropartículas PM _{2.5} y PM ₁₀ en Ate	32
1.3.9. Presencia de enfermedades respiratorias	33
1.3.10. Efectos sobre la salud poblacional	34
1.3.11. Efectos específicos en la salud poblacional	37

1.3.12. Polución ambiental por micropartículas PM2.5 y PM10 y las enfermedades respiratorias.	41
1.3.13. Efectos en el medio ambiente	43
1.4. Marco Legal.....	44
1.4.1. Constitución Política del Perú.....	44
1.4.2. Normas Ambientales.....	45
1.5 Investigaciones.....	45
1.5.1. “Guías de calidad del aire de la OMS relativas al material particulado, el ozono, el dióxido de nitrógeno y el dióxido de azufre”. (2005)	45
1.5.2. “Problemas respiratorios y cáncer en vías aéreas asociados a la contaminación atmosférica: Una revisión del análisis del riesgo potencial en el Valle de Aburrá por Jhon F. Narváez, Erika Castrillón, Francisco J. Molina”. (2016).....	47
1.5.3. “Contaminación aérea y sus efectos en la salud”,Manuel Oyarzún (2010).....	51
1.5.4. “Efectos de la contaminación atmosférica sobre la salud de adultos que laboran en diferentes niveles de exposición por A. Muñoz, J. Paz y C. Quiroz”. (2017)	57
1.6. Marco Conceptual.....	62
CAPÍTULO II.....	65
EL PROBLEMA, OBJETIVOS, HIPOTESIS Y VARIABLES	65
2.1. Planteamiento del Problema	65
2.1.1. Descripción de la realidad problemática.....	65
2.1.2. Definición del Problema	72
2.2. Finalidad y Objetivos de la Investigación.....	72
2.2.1. Finalidad	72
2.2.2. Objetivo general y específicos	73
2.2.3. Delimitación del estudio	74
2.2.4. Justificación e importancia del estudio	74
2.3. Hipótesis y Variables	75
2.3.1. Supuestos teóricos.....	75
2.3.2. Hipótesis generales y específicas.....	75

2.3.3. Variables, dimensiones e indicadores: Operacionalización de variables.....	76
2.3.4. Matriz de Consistencia.....	77
CAPÍTULO III.....	78
MÉTODO, TÉCNICA E INSTRUMENTOS.....	78
3.1. Población y muestra.....	79
3.2. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	80
3.3. Procesamiento de datos	81
CAPÍTULO IV.....	82
PRESENTACION Y ANALISIS DE LOS RESULTADOS.....	82
4.1. Resultados del análisis de la variable “Polución ambiental por micropartículas PM2.5 y PM10”	82
4.1.2. Resultado de Recolección de Datos de SENAMHI-INEI.....	85
4.1.3. Resultado de la Encuesta realizada a los pobladores de Ate	86
4.2. Resultados del Análisis de la variable “Presencia de Enfermedades Respiratorias” ..87	
4.2.1. Resultado de Recolección de Datos del Hospital de Ate Vitarte.....	87
4.2.2. Resultado de la encuesta realizada a los pacientes del hospital Vitarte-Ate.....	90
4.3. Resultado del Análisis de la Base de Datos proporcionados por SENAMHI-INEI y el Hospital de Vitarte.....	92
4.3.1. Consultas de Asma.....	93
4.3.2. Consultas de Rinitis - Faringitis.....	94
4.3.3. Consultas totales	95
4.4 Contrastación de hipótesis.	97
4.4.1 Hipótesis General.....	97
4.4.2 Hipótesis específicas	98
4.4.2.1 Hipótesis específica 1	98
4.4.2.2 Hipótesis específica 2	100
4.4.2.3 Hipótesis específica 3	102
4.4.2.4 Hipótesis específica 4	103
4.5 Discusión de resultados.	105

CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	107
5.1 Conclusiones.....	107
5.2 Recomendaciones.....	107
Anexo A: Principio de funcionamiento del equipo medidor de PM2.5 y PM10. Temtop Air Quality MONITOR.....	116
Anexo B: ENCUESTA.....	130

INTRODUCCIÓN

La presencia de micropartículas PM10 y PM2.5 en el medio ambiente origina problemas a la salud principalmente como afecciones respiratorias, enfermedades cardiovasculares y cáncer. Sobre lo anotado la Organización Mundial de la Salud (OMS) refiere que los niveles máximos permitidos durante los últimos 20 años han incrementado el índice de morbilidad y de mortalidad debido al aire polucionado por PM10 y PM2.5.

En particular el PM10 se relaciona con las enfermedades respiratorias por lo que ha motivado el presente trabajo de investigación, en el que se ha demostrado mediante un modelamiento estadístico la relación directa existente entre las enfermedades respiratorias y el PM10. La causa más directa es que estas partículas quedan suspendidas en el aire por largos periodos de tiempo y a niveles de 2 metros de altura tal que las personas lo respiran y su consecuente penetración en las vías respiratorias altas, originando las infecciones respiratorias agudas (IRAs).

El trabajo consta de cinco capítulos y el contenido de cada uno de ellos es como se muestra:

Los fundamentos teóricos de la investigación son expuestos en el Capítulo I, que en detalle comprende los antecedentes y de modo particular las características físicas y químicas del material particulado. Así como su influencia en las enfermedades respiratorias, cardiovasculares y cancerígenas. La importancia del capítulo se resalta mediante un marco legal que detalla las principales normas dictadas por DIGESA, MINAM y otros.

En el capítulo II se aborda el planteamiento del problema, la descripción de la realidad problemática, los objetivos y las hipótesis, las variables, dimensiones e indicadores concordantes con la investigación.

En el capítulo III se expone la metodología de la investigación, el tipo y nivel del diseño, la población y muestra, las técnicas e instrumentos para la recolección de datos.

En el capítulo IV se realiza el análisis de los datos y se exponen los resultados, su interpretación y la correspondiente discusión de los resultados estadísticos. Destacando la contrastación de las hipótesis.

En el capítulo V se exponen las conclusiones y recomendaciones de la investigación.

Finalmente se presenta la bibliografía utilizada en la presente investigación como material que sustenta el presente trabajo.

CAPITULO I

FUNDAMENTOS TEÓRICOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.1 Marco Histórico

Mientras la relación entre la mala calidad del aire y las enfermedades han sido reconocidas desde la antigüedad, los efectos en la salud de la contaminación del aire entraron en la conciencia del mundo en el siglo XX. En 1930, dióxido de sulfuro de una fábrica local mezclado con una densa niebla fue emitido en el valle de Meuse en Bélgica. En 3 días, miles de personas sufrieron síntomas pulmonares agudos, y 60 personas murieron por causas respiratorias. (Smith, Corvalán, & Kjellström, 1999)

En diciembre de 1952, una densa niebla que contenía dióxido de sulfuro y partículas de humo descendieron en Londres, resultando en más de 3000 muertes en 3 semanas y hasta 12000 hasta febrero de 1953. ("Textb. Child. Environ. Heal.," 2014)

La letalidad de la contaminación del aire fue inmediatamente reconocida pero no bien comprendida. Hasta el día de hoy, debido a que los efectos de la contaminación del aire en las enfermedades ocurren a nivel de la población, muchos médicos no aprecian la relación entre la contaminación del aire y la salud.

El Acta de Aire Limpio (CAA en inglés) de 1970 fue el primer gran esfuerzo de regulación americana con el objetivo de estudiar y definir los límites en las emisiones y la contaminación del aire. El CAA de 1970 definió las normas de calidad del aire (NAAQS en inglés) (Mallol & Crane, 2012) Estos estándares establecieron los límites de 6 contaminantes primarios encontrados en el aire: Monóxido de carbono, plomo, dióxido de nitrógeno, ozono, dióxido de sulfuro, y material particulado (PM) Primeros trabajos

Abordaremos los estudios relacionados con los efectos de la polución ambiental por micropartículas PM2.5 y PM10 realizados a través del tiempo y su relación con la presencia de enfermedades respiratorias.

El problema de la polución del aire de la cual forman parte las micropartículas es un fenómeno que data de tiempos remotos, desde el descubrimiento del fuego hasta el desarrollo masivo de la industria del transporte. Desde que la población global crecía juntamente con la industrialización, la polución del aire se incrementaba de manera sostenida y con ello la

presencia del PM_{2.5} y PM₁₀; llegando, actualmente, a situaciones considerablemente preocupantes, por lo tanto, no deja lugar a duda sobre sus efectos altamente nocivos en la salud de los pobladores en el mundo.

1.1.1. Polución Ambiental por Micropartículas PM₁₀ y PM_{2.5}

Las micropartículas PM_{2.5} y PM₁₀ son uno de los componentes de la polución ambiental más estudiados en el mundo y es definida textualmente como un conjunto de partículas sólidas y/o líquidas (se exceptúa el agua pura) presentes en suspensión en la atmosfera, que son originados a partir de una diversidad y cantidad de fuentes naturales o antropogénicas, disponiendo además de un rango muy amplio de propiedades, tales como morfológicas, físicas, químicas y termodinámicas. (Mészáros, 1999)

De otro lado cabe precisar que el PM_{2.5} y PM₁₀ se encuentra, en todo el planeta, tanto en ambientes abiertos como en ambientes cerrados, manifestándose en distintos estados: sólidos y líquidos; no es extremo afirmar que no existe un solo lugar del planeta donde la presencia del PM_{2.5} y PM₁₀ no se encuentren en mayor o menor grado de concentración, bajo esta perspectiva es de carácter determinante y urgente abordar el tema.

En la década de 1950 y principios de 1960, las micropartículas (PM_{2.5} y PM₁₀) se convirtieron en un problema directo de salud humana con el advenimiento de la lluvia radioactiva de ensayos nucleares sobre el suelo de los Estados Unidos y otros países del mundo. La presencia de las micropartículas en el aire ayudó a promover un mejor conocimiento del impacto que las partículas, en suspensión en general, tienen sobre la salud humana y el aire del medio. Las décadas de 1960 y 1970 experimentaron un rápido desarrollo de tecnología y políticas ambientales que condujeron a la reducción de la polución del aire en los Estados Unidos. A medida que la ciencia y la tecnología de la medición de la calidad del aire y los efectos sobre la salud humana eran visibles, condujeron a un problema mayor, para los científicos y los responsables de las políticas ambientales. Las mejoras incluyen la capacidad de medir concentraciones y partículas a niveles más refinados de detección y la capacidad de evaluar la salud humana en términos de factores estresantes ambientales. (Brunshidle, Konowalchuk, Nabeel, & Sullivan, 2003)

A partir de los años 80, en Chile aparecen una serie de estudios que relaciona las muertes diarias por afecciones respiratorias debido a la presencia de partículas en suspensión en la atmosfera. Los estudios realizados en Santiago y Temuco instauraron que un incremento de 50µg/ m³ en

los niveles de PM10 en un día, produce un aumento de la mortalidad general en un 3% en promedio (Oyarzún, 2010).

Los contaminantes del aire tienen muchas fuentes: naturales (por ejemplo, vegetación y volcanes), agrícolas (por ejemplo, metano y pesticidas), comerciales (por ejemplo, operaciones de limpieza en seco y autopartes), tiendas industriales (plantas de energía eléctrica e instalaciones de fabricación), transporte (emisiones de camiones y automóviles) y residencial (gas doméstico, quemadores de petróleo y estufas de leña). Los niveles ambientales de contaminantes regulados del aire (que incluyen micropartículas, óxidos de azufre y nitrógeno, monóxido de carbono, ozono,) generalmente han disminuido desde mediados de la década de 1970, pero la calidad del aire en muchas partes del mundo no cumple con los límites máximos permitidos sugeridos por los organismos mundiales de salud como la OMS y que afectan la salud. En 1997, aproximadamente 107 millones de personas en los Estados Unidos vivían en condados que no cumplían con los estándares de calidad del aire para al menos un contaminante regulado. (Patz et al., 2000, p. 371)

La Organización Mundial de la Salud (OMS), considera la contaminación atmosférica como una de las más importantes prioridades mundiales en lo relacionado a la salud, en recientes informes se han estimado que la contaminación ambiental por presencia de micropartículas (PM_{2.5} y PM₁₀) es la responsable del 1,4% de todas las muertes en el mundo, siendo la contaminación atmosférica en interiores, según algunos estudiosos, el de mayor incidencia en la salud sobre todo en países en vías de desarrollo.

Las emisiones de contaminantes como el ozono o las partículas finas a la atmósfera, lo cual está relacionado con el cambio climático, pueden agravar los efectos de la contaminación del aire. De forma directa estos contaminantes afectan la salud de los ciudadanos y de manera indirecta ocasionan un impacto en los fenómenos meteorológicos Ballester (2005).

Este estudio se realiza para una zona urbana y sigue las recomendaciones de las guías de calidad del aire de la OMS, en lo relacionado a los Límites Máximos Permisibles (LMP), estas guías tienen como objetivo orientar la forma de cómo reducir los efectos de la contaminación del aire en la salud y presentan valores guía revisados que se pueden aplicar a todas las regiones de la OMS para cuatro contaminantes comunes del aire, los cuales son: Micropartículas (PM_{2.5}, PM₁₀), ozono (O₃), dióxido de nitrógeno (NO₂) y dióxido de azufre (SO₂) (OMS, 2005).

En cuanto a las micropartículas, se tiene el PM10 que incluye tanto a partículas gruesas (2,5-10 μm) como a las finas PM2.5 (menores a 2,5 μm .) que ingresan al sistema respiratorio y contribuyen a la afectación de la salud en entornos urbanos. La generación de la primera (PM10) tiene lugar en procesos mecánicos como por ejemplo en obras de construcción, la resuspensión del polvo en los caminos y el viento, mientras que la segunda (PM2.5) provienen principalmente de fuentes de combustión (OMS, 2005).

Los efectos adversos a la salud ocasionados por la contaminación del aire debido a la presencia de materiales micropartículas, probablemente dependan de dos factores: las concentraciones en la exposición y el tiempo de exposición. Se considera que las exposiciones repetidas de larga duración tendrían efectos acumulativos mayores y persistentes que las exposiciones ocasionales de corta duración. Las estimaciones del efecto de la mortalidad por Micropartículas para intervalos de tiempo intermedios evidencian que la diferencia en la mortalidad por Micropartículas observada entre las series de tiempo diarias y los estudios de cohorte prospectivos se debe, al menos parcialmente, a las escalas de tiempo sustancialmente diferentes de exposición (Pope y Dockery, 2006).

Se han realizado trabajos de monitoreo desde finales de la década de los setenta en el Valle de Aburrá en el departamento de Antioquia (Colombia) que han permitido el desarrollo de una buena experiencia para el análisis de los problemas relacionados con la contaminación del aire. Esta experiencia está enfocada en las técnicas para el diagnóstico y evaluación ambiental, sin embargo, se tiene poco desarrollo en temas como la evaluación de los impactos en la salud y de los impactos económicos y sociales de la contaminación. Las investigaciones en sus universidades locales han estado principalmente orientadas a la caracterización de los contaminantes del aire de manera general (Daniels et al, 2007).

En el Perú, en 1967 la DIGESA (Dirección General de Salud) y la REDPANAIRE (Red Panamericana de muestreo Normalizado de la contaminación del aire), empiezan a realizar la medición de la calidad del aire. En 1980 la REDPANAIRE incrementó a 153 estaciones de muestreo, en 48 ciudades de 18 países y durante ese año se recolectaron más de 300 000 datos como parte del estudio. En 1986 se inicia la vigilancia de la calidad del aire en Lima Metropolitana, mediante el monitoreo de Partículas Totales en Suspensión (PTS) en la Estación de CONACO (Confederación Nacional de Comerciantes) ubicado en la Av. Abancay – Lima. En 1996 se realiza el monitoreo de Partículas Totales en suspensión (PTS), Dióxido de Azufre (SO₂), Dióxido de Nitrógeno (NO₂) y Monóxido de Carbono (CO). En 1999 se establecieron

cinco estaciones de monitoreo de Partículas Totales en Suspensión (PTS), además del Dióxido de Azufre (SO₂), Dióxido de Nitrógeno (NO₂) y Monóxido de Carbono (CO). En el año 2000 se realizó el Estudio de Saturación de Lima Metropolitana y Callao en los períodos de verano e invierno, el cual permitió medir en treinta puntos contaminantes del aire tales como: PTS, O₃, SO₂, NO₂, Pb y Polvo sedimentable (Digesa, 2011).

1.1.2. Presencia de Enfermedades Respiratorias

En este punto, se describen brevemente algunos trabajos realizados concernientes a las enfermedades respiratorias, que se han venido elaborando a través del tiempo, y que están relacionadas directamente con el bienestar de los seres humanos, dado que es importante desde el punto de vista político, económico y social para lograr el desarrollo de la humanidad.

El siguiente trabajo es considerado como una de las primeras investigaciones que evaluó los efectos de la exposición prolongada a la polución ambiental en un diseño prospectivo.

En este estudio, (Dockery y Pope, 1993) una cohorte bien caracterizada de adultos que participan en el Estudio de las seis ciudades de Harvard sobre los efectos en la salud humana como consecuencia de la polución del aire se siguió prospectivamente, comenzando en 1974. El objetivo de este estudio fue estimar los efectos de la contaminación del aire y su incidencia en la salud de los pobladores de Harvard, para controlar el estado de fumador individual, el sexo, la edad y otros factores de riesgo. Estos criterios se muestran en la Tabla 1.

Con los años, se han hecho estimaciones de la mortalidad y morbilidad humanas que pueden atribuirse a factores ambientales entre ellas las micropartículas. Las estimaciones muestran que entre el 25-33% de la carga global de la enfermedad se puede atribuir a factores de riesgo ambientales, de manera particular los niños menores de 5 años parecen tener la mayor carga ambiental y parte de las enfermedades debido a los riesgos ambientales parece disminuir con el desarrollo económico. Un resumen de estas estimaciones apareció por primera vez en el informe de 1997, "La salud y el medio ambiente en el desarrollo sostenible", que fue la contribución de la Organización Mundial de la Salud al 5º aniversario de la Cumbre de la Tierra de Río (Corvalán, Kjellström, & Smith, 1999).

Tabla 1 Resultados de los efectos de la contaminación del aire en los pobladores de Harvard (Douglas W. Dockery & Arden Pope, 1993)

Características	Portage Wis	Topeka Kans.	Watertown Mass	Harriman, Tenn	St. Louis	Steunenville, Ohio
No de participantes	1631	1239	1336	1258	1296	1351
Persona-años de seguimiento	21618	16111	19882	17836	17715	17914
No de muertes	232	156	248	222	281	291
Muertes/1000 personas-año	10.73	9.68	12.47	12.45	15.86	16.24
Sexo Femenino (%)	52	56	56	54	55	56
Fumadores (%)	36	33	40	37	35	35
Exfumadores (%)	24	25	25	21	24	23
Fumadores Actuales	24	25.6	25.2	24.5	30.9	28
Exfumadores	18	19.7	21.8	21.1	22	25
Educación menor a la secundaria (%)	25	12	22	35	45	30
Edad promedio(yr)	48.4	48.3	48.5	49.4	51.8	51.6
índice de masa corporal promedio	26.3	25.3	25.5	25.1	26	26.4
Exposición laboral al polvo o al humo (%)	53	28	38	50	40	48
Partículas totales (ug/m3)	34.1	56.6	49.2	49.4	72.5	89.9
Partículas inhalables (ug/m3)	18.2	26.4	24.2	32.5	31.4	46.5
Partículas finas (ug/m3)	11	12.5	14.9	20.8	19	29.6
Partículas de sulfato (ug/m3)	5.3	4.8	6.5	8.1	8.1	12.8
Acidez del aerosol (nmol/m3)	10.5	11.6	20.3	36.1	10.3	25.2
Dióxido de sulfuro (ppb)	4.2	1.6	9.3	4.8	14.1	24
Dióxido de Nitrógeno (ppb)	6.1	10.6	18.1	14.1	19.7	21.9
Ozono (ppb)	28	27.6	19.7	20.7	20.9	22.3

Los valores de la contaminación del aire fueron medidos en los siguientes años: partículas totales, dióxido de sulfuro, dióxido de nitrógeno y ozono, desde 1977 hasta 1985; partículas finas e inhalable, 1979 hasta 1985; partículas de sulfato; desde 1979 hasta 1984; y acidez del aerosol, desde 1985 hasta 1988. (The international non-Hodgkins lymphoma prognostic factors project, 1993)

En este informe se realizó una evaluación de los riesgos ambientales incidentes en la salud, de manera particular en las enfermedades respiratorias, demostrándose que la calidad paupérrima del ambiente vendría a ser responsable de forma directa en el 25 % de la morbilidad evitable actualmente en el mundo (OMS, 2013).

En el Perú, el MINAM (Ministerio del Ambiente) en el año 2016 realizó el Estudio de Morbilidad por efectos de la contaminación del aire en la salud de las personas por la presencia de Micropartículas PM10 en el aire. En dicho estudio se utilizó la herramienta de software de la Organización Mundial de la Salud (OMS), Air-Q, en la evaluación del riesgo para la salud atribuido a la presencia de PM10 en el aire se planteó una Hipótesis de Riesgo Medio, en el cual de 1220 casos de muerte atribuidos al PM10, 468 fueron causadas por enfermedades respiratorias y 175 por enfermedades cardiovasculares. Así también, se le puede atribuir al PM10, 1900 casos de admisiones en hospitales por enfermedades respiratorias, 495 por enfermedades cardiovasculares y 1222 por ataques de asma en niños. En términos económicos, considerando la Hipótesis de Riesgo Medio, la valorización del impacto en la salud ocasionado por la contaminación del aire con el PM10, se calcula en US \$805'941,948 (MINAM, 2014).

A nivel mundial, la exposición a la contaminación del aire de interiores casi duplica el riesgo de desarrollar neumonía en los niños, y más de la mitad de las muertes de niños menores de cinco años causadas por infección aguda de las vías respiratorias inferiores se deben a la inhalación de partículas del aire de interiores contaminado con combustibles sólidos (OMS, 2014).

Según la OMS (2018), anualmente la muerte prematura por enfermedades atribuidas a la contaminación del aire interior es de 3,8 millones de personas, esto se debe al uso de combustibles sólidos ineficientes para cocinar. Como efecto de la miseria, alrededor de 3,000 millones de personas, siguen usando madera, residuos agrícolas, carbón vegetal y mineral, así como excrementos de animales, en fuegos abiertos.

El avance de la tecnología y la globalización han influido en la calidad de vida de las personas. Por ejemplo mayor uso de automóviles, que han incrementado los riesgos para la salud por su gran índice de contaminación del aire. En este sentido los experimentos sobre animales en ambientes polutos han evidenciado que las enfermedades respiratorias, cardiovasculares tienen una fuerte relación con las micropartículas PM_{2.5} y PM₁₀. La extrapolación de estos resultados permite estimar presuntos riesgos para la salud de los pobladores a nivel global, debido a las micropartículas que polucionan el medioambiente del aire.(Vargas Marcos, 2005).

Identificar con exactitud la relación causal entre el medio ambiente y las enfermedades de los pobladores es una tarea difícil e incierta. Para valorar la magnitud y gravedad de los riesgos para la salud de los pobladores de las diferentes zonas del mundo, que son los causantes de la contaminación ambiental ocasionados por los agentes contaminantes del aire es necesario medir la exposición a numerosos factores ambientales, lo cual es complejo ya que no se dispone de sistemas de información y vigilancia sanitaria adecuados.

En los países industrializados los estudios realizados estarían mostrando un 20% de incidencia de enfermedades causados por factores medioambientales, por ejemplo, en Europa, el elevado número de muertes e invalidez en niños es probable de ser endilgado a la contaminación del aire interior y exterior. La tercera parte de muertes en el grupo de edad de 0 a 19 años serían causados por exposiciones ambientales (contaminación ambiental es decir contaminación del aire interno y externo, agua y saneamiento), sustancias químicas y daños producidos por accidentes. Particularmente en este continente la exposición a largo plazo a las concentraciones de micropartículas en suspensión presentes en la atmósfera afectan a los pulmones de los infantes y adultos y dependiendo del nivel de concentración, pueden influir en la pérdida de al menos varios meses de esperanza de vida, de manera puntual en aquellas personas que se encuentran con enfermedades cardiovasculares y pulmonares preexistentes.

1.2. Marco Filosófico

El estudio en esencia está enfocado en la relación del aire, es decir un aire limpio y la vida. Si consideramos que el hombre y su hábitat al principio se ligaron por sentimientos religiosos, mágicos y míticos, el hombre y la naturaleza se unían en una simbiosis inseparable.

El filósofo Anaxímenes (528-525ac.), consideraba al aire como principio material. Años después Platón (428-347ac.) reflexionando sobre la relación del hombre y su ambiente natural halló que la clave de ello es la estética, es decir la perfecta armonía de los seres y la materia por lo que en virtud de esta idea puede decirse, la armonía entre el aire y la vida.

De otro lado Aristóteles (384-322ac.) Tuvo una concepción más amplia en el sentido que miró la importancia de la relación hombre-naturaleza.

En esta misma orientación se destaca el pensamiento de Noah Seathl, jefe de la tribu Suwamisu, cuando responde al gobierno de los EE. UU., donde este le propone comprar su hábitat y él sabiamente alega *“Si hasta ahora no somos dueño de la frescura del aire o del resplandor del agua, ¿Cómo nos pueden ustedes comprar?”*. Con estas frases y en todo el argumento de la

carta de respuesta al presidente de los EE. UU, el jefe de la tribu expresa el respeto excelso que le debe el hombre a la naturaleza. *“No hay un lugar tranquilo en las ciudades de los hombres blancos. Ningún lugar para escuchar las hojas en la primavera o el zumbido de las alas de los insectos”*. Un ambiente así es sin duda un ambiente muerto, donde el vivir pareciera no tener sentido. Él vivía en la naturaleza y sabía que no le pertenecía y más aún si nos referimos en términos alegóricos a la contaminación ambiental dijo: *“Continúen ensuciando su cama y algún día terminarían durmiendo sobre su propio desperdicio”*.

En la obra *La Peste* donde se refiere a una epidemia de infección bubónica, ocurrida en Oran durante la segunda guerra mundial, que todavía seguía siendo colonia francesa, reflexionando sobre lo que debería ser una ciudad se pregunta *“¿Cómo sugerir por ejemplo, una ciudad sin palomas, sin árboles y sin jardines, donde no puede haber aleteos ni susurros de hojas, un lugar neutro en una palabra?”*(Camus Albert, 1947) El cambio de las estaciones solo se puede notar en el cielo. *“La primavera se anuncia únicamente por la calidad del aire o por los cestos de flores que traen a vender los muchachos de los alrededores; una primavera que venden en los mercados”*(Camus Albert, 1947).

Es claro entonces precisar que un ambiente sin aire de vida y sin el rumor de la naturaleza, es en definitiva un ambiente muerto. Dentro de otro contexto la peste no es solo una simple enfermedad, capaz de quitarle la vida a miles de personas, sino que representa como todo aquello que se pueda identificar como una amenaza a la vida, una situación extrema.

La obra ofrece una nueva visión sobre el hombre ante el infortunio y distintas esencias que lo conforman; es una declaración acerca del triunfo de ciertos valores en una sociedad sobre otros, es una visión humanista contraria al individualismo y el materialismo, en la que se juntan concepciones claras sobre la autorrealización, la solidaridad, la pobreza, la muerte y la vida.

Las medidas tomadas por las instituciones responsables de la salud, incluido la OMS, acerca del problema de la polución ambiental y sus consecuencias en la salud han sido poco efectivos, pese a los muchos tratados internacionales firmados; sin medidas urgentes que encaren este problema y al ritmo de contaminación que se vive, no es extremista predecir que las afecciones respiratorias y otros como los males cardiovasculares derivadas de la polución que padece la atmosfera, conducirá irremediabilmente al mundo a graves epidemias globales.

Entonces en el estado actual en el que se encuentra la relación hombre-naturaleza es necesario conseguir la comunicación entre los hombres, sin la cual resulta imposible llegar a la

naturaleza. En vano discutimos sobre el tema del medio ambiente en una sociedad donde prevalece la desigualdad, el odio, la intolerancia y la guerra, por lo cual, es de suma urgencia repensar en la sociedad, impregnándole el sentido del valor, la ética, el derecho, el deber, la libertad y la legislación, entonces es de necesidad que la sociedad debe ambientarse en la contemporaneidad que es diferente para cada cultura, pero que tienen rasgos comunes, como el de vivir en la misma casa, que es la tierra; sin embargo, esta relación es paradójica y antagónica en la modernidad industrial capitalista, en ella es imposible la igualdad y menos aún, una relación sistémica integrada entre derechos ecológicos y económicos. La esencia del capitalismo no apunta al cuidado del ecosistema y del patrimonio cultural, sino a la explotación sin límites de los recursos naturales y humanos, con el fin de generar capital, que debe, por supuesto, auto reproducirse.

La sensación pública sobre la polución ambiental y sus implicancias directas en las afecciones respiratorias es un fenómeno real, predecible y susceptible de cuantificación y de análisis estadístico.; esto es resultado de la interrelación de variables tales como las características socioeconómicas, la cercanía a las jurisdicciones de peligro, densidad del parque automotor, edad, género y raza. Sin lugar a dudas es, un tipo de estudios que permite un primer acercamiento a los procesos cognitivos relativos a la polución del aire, en la percepción de los problemas ambientales y sus implicancias en las afecciones respiratorias.

Según (Morin, 1999) el paradigma de la complejidad se modela como una posibilidad a partir del cual y hacia el cual es fundamental enfocar un pensamiento ambiental que no detenga el conocimiento contemporáneo. El pensamiento ambiental toma como base la singularidad, la variedad, la alteridad y la biodiversidad; valores como el de la vida asociado a un ambiente sin polución de aire, la consideración, la solidaridad, la responsabilidad, la equidad o igualdad son universales, pueden aparecer nuevos protagonistas y escenarios que el pensamiento ambiental debe satisfacer y debe proteger el medio ambiente como un don que la naturaleza, como la vida en si misma asociada a todo ser vivo desde las jerarquías más inferiores que ella nos proporciona. Resulta de necesidad resaltar la tetralogía de El Método (Morín, 1980) , obra en la que expone de manera progresiva su pensamiento, “*la naturaleza de la naturaleza, la vida de la vida, el conocimiento del conocimiento y las ideas*”, constituyen una segunda mirada sobre estos conceptos claves del saber para para poder comprender la naturaleza en su relación íntima con el hombre.

El enfoque del trabajo pertenece a la corriente filosófica del humanismo, el cual valora al ser humano y la condición humana. En este contexto, los valores que la guían son la moral, la ética, la generosidad, la solidaridad, la compasión y la preocupación permanente por la valoración de los atributos y las relaciones humanas, y estas conducen en el contexto general hacia la defensa de la vida en todas sus formas y un grito hacia la preservación del medio ambiente.

En los inicios de su obra poética Albert Camus se inclina hacia la teoría del absurdo y es absorbido por esta teoría, Pero el haber sufrido la opresión nazi, lo hizo comprender que esta teoría necesariamente te llevaba a la destrucción. Con el tiempo en su madurez poética Camus niega la teoría del absurdo afirmando un valor en el Universo: El ser humano, con su naturaleza propia y su ansia de sentido. De la teoría del absurdo lo rescatable es el sentido de rebelión que el hombre debe expresar contra la injusticia, es en esta época de madurez es que “El sentido de rebelión ya no lo dirige contra los dioses sino contra los hombres que asesinan a sus semejantes en nombre de ideologías absolutistas” (Quesada Guardia, 1990).

1.3. Marco Teórico

Los grandes cambios políticos, económicos, sociales y medioambientales han deparado una metamorfosis compleja en el mundo, y a estos grandes cambios se le suma el ADN tecnológico instaurado en la actualidad; que en conjunto modifican la manera de vivir de las personas para bien, pero también de manera perjudicial; en cuanto a medio ambiente y salud, se ha manifestado un envilecimiento de la calidad de vida de las personas en los medios en el que se desenvuelve. Es imposible en estos tiempos ser mezquinos con la realidad ambiental y es necesario ser conscientes de la problemática actual y menguarla desde la posición en que nos encontremos.

El medio en el cual se desarrollan desde la actividad más básica, que es respirar (innata), hasta las actividades económicas se requiere de un espacio ambiental saludable para el correcto desenvolvimiento de la vida; sin embargo, la contaminación ambiental es el antagonista en esta utopía es por ello necesario ser conscientes de la calidad paupérrima que esta goza hoy en día.

En las ciudades se tienen un decrecimiento de la calidad de aire debido al acelerado crecimiento de la urbe, el aumento de la quema de biomasa, la mayor densidad de tráfico vehicular y el incremento de la actividad fabril y mercantil. Sumado a esto, las condiciones geográficas y meteorológicas de cada localidad pueden hacer que no se dispersen los contaminantes y se den

condiciones de contaminación que finalmente ocasionen episodios de alta contaminación (OMS, 2005).

1.3.1. Micropartículas PM₁₀ y PM_{2.5}

La Polución ambiental, también conocida como contaminación atmosférica, adquiere mayor relevancia dentro del marco de la contaminación ambiental; pues se observa el menoscabo de la calidad de aire debido a la liberación de sustancias al aire, que en síntesis resultan nocivos para la vida y que exceden los estándares nacionales e internacionales en cuanto a contaminación se refiere.

1.3.2. Características Físicas

Las Micropartículas pueden tener superficies (límite o término de un cuerpo, que lo separa y distinguir de lo que no es él). Según la Real Academia Española (RAE) las superficies pueden ser esféricas o no esféricas. Con respecto a las partículas con superficies esféricas, su superficie guarda una relación cuadrática con el diámetro de la partícula. A su vez, la relación entre su superficie y su volumen es inversamente proporcional a su diámetro. Con respecto a las partículas no esféricas o agregadas, la relación entre su superficie y su volumen puede llegar a tener una magnitud muy superior a las que poseen las partículas con superficie esférica. Esto se presencia también en las partículas con poros internos o con hendiduras, su volumen según el sistema internacional, caso Perú es el m³.

La clasificación de estas partículas se da por su diámetro aerodinámico debido a la diversidad de partículas con diferentes características físicas mencionadas anteriormente. Este diámetro equivale al diámetro de una esfera uniforme que tiene una densidad unitaria y posee una velocidad terminal igual a la velocidad terminal de la partícula. Este parámetro de diámetro aerodinámico depende de la densidad y la forma de la partícula.

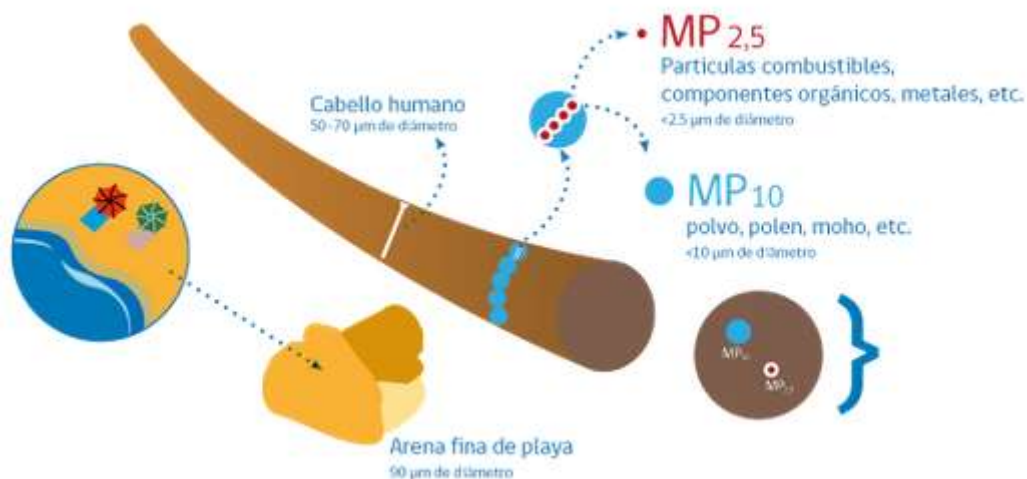


Figura 1. Comparación del tamaño de un pelo y de la arena fina de playa con partículas PM_{10} y $PM_{2,5}$ (Aire Chile, 2018)

Una característica principal de las micropartículas es la división por tamaño que distinguen los efectos relacionados con la salud asociada con las enfermedades respiratorias y el bienestar. Los diámetros de las micropartículas tienen 5 órdenes de magnitud desarrollándose de 0,001 micrómetros (μm) a 100 micrómetros (μm) como se muestra en la figura 2.

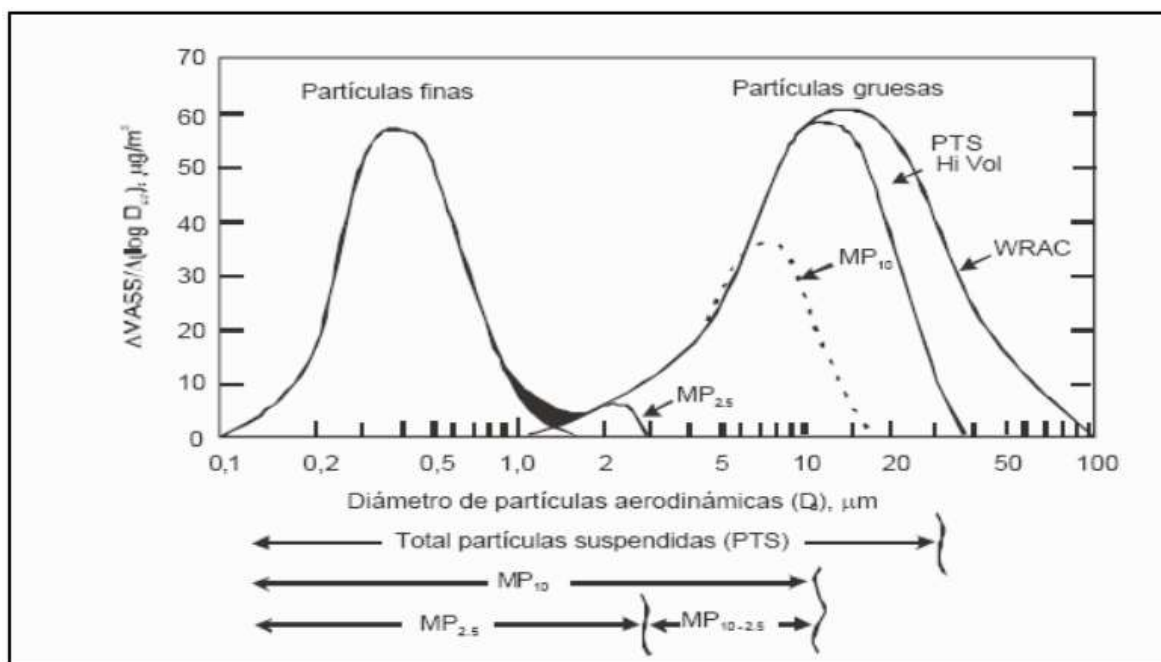


Figura 2. Esquema idealizado de los diferentes intervalos de tamaño de partículas (EPA, 1996)

1.3.3. Características Químicas

Según su composición química el material particulado se puede presentar en las siguientes combinaciones, como, "Material Geológico (MG), material orgánico (MO), Carbón Elemental (CE), Nitrato de Amonio (NH_4NO_3), Sulfato de Amonio [$\text{NH}_4\text{}_2\text{SO}_4$], Elementos Trazas

(ET), sales minerales (sales). El material geológico se estimó como $1.89xAl + 2.14xSi + 1.4xCa + 1.43xFe$, la materia orgánica se estimó como 1.29 veces el carbón orgánico, el NH_4NO_3 como 1.29 veces el NO_3 , el $[(NH_4)_2SO_4]$ como 1.375 el SO_4^{2-} , los elementos traza fueron todos aquellos elementos contenidos en la tabla periódica que va desde el Na al Pb, excepto Al, Si, Ca, Fe, Cl, K, Na, S y por último las sales se calcularon como $1.65xCl$ (Chow, Watson, Edgerton, & Vega, 2002)

Las gráficas que a continuación se presentan han sido tomados de un trabajo donde uno de los aspectos importantes es el de mostrar la composición química en la zona urbana y rural de Mexicali, Baja California en México. Para otros lugares dependiendo de la altitud y latitud entre otros parámetros podrían variar los niveles de concentración de los elementos; pero con toda seguridad estarán todos ellos presentes. (Canales-Rodríguez, Quintero-Núñez, Castro-Romero, & García-Cuento, 2014). En la figura 3, se puede observar que en la temporada de invierno y zona urbana el componente prioritario es el Material Orgánico debido básicamente al uso de asaderos de carbón, residuos de la quema de madera y residuos domiciliarios que son permanentes durante la temporada mencionada, otro componente que también aparece es el Material Geológico a causa de la presencia de micropartículas originados por los caminos rurales llamados trocha; caminos sin pavimentar, moledura del polvo debido a la acción del tráfico y definitivamente del material proveniente del desierto; otro componente que debe mencionarse es el Carbón Elemental, a causa del tráfico elevado de vehículos, automóviles.

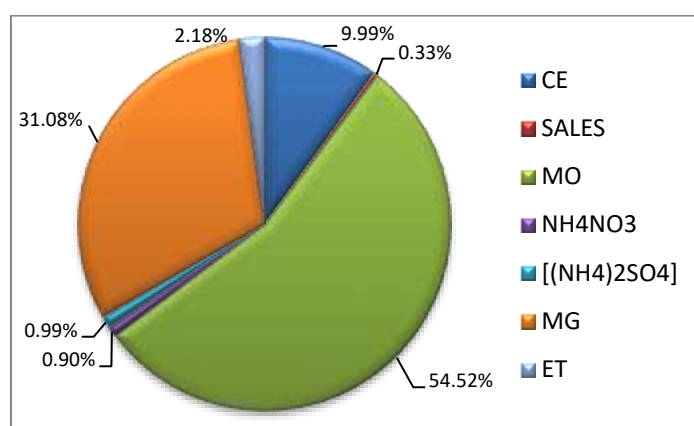


Figura 3. Contribución promedio en % de los componentes químicos de las Micropartículas PM10 en la zona urbana en la temporada de invierno

En la figura 4, se muestran los componentes en la zona rural, temporada de invierno, se aprecia que el Material Geológico es predominante, debido al roce del suelo provocado por el viento, caminos de herradura o sea sin pavimentar, corrales usados para la ganadería, también vale

considerar el Material Orgánico debido a la quema de residuos de los campos de cultivo, residuos por quema de madera y de manera permanente, residuos de la basura domiciliaria y en menor porcentaje dentro de los componentes significativos, la contaminación por Carbón Elemental debido a la presencia de vehículos de transporte.

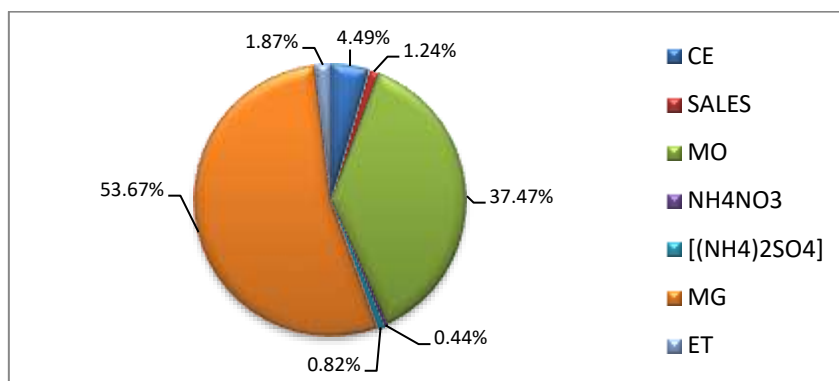


Figura 4. Contribución promedio en % de los componentes químicos de las Micropartículas PM10 en la zona rural en la temporada de invierno

La Figura 5 muestra la distribución de los elementos químicos de una zona urbana en verano, se percibe un incremento significativo del Materia Geológico, ocasionada por el polvo procedente del desierto, caminos sin pavimentar en cantidades significativas, y presencia de un elevado número de lotes abandonados, puede observarse con respecto al invierno un descenso notable del Material Orgánico a causa de la disminución de la quema de madera y volumen de basura domiciliaria esto como consecuencia de las altas temperaturas del verano.

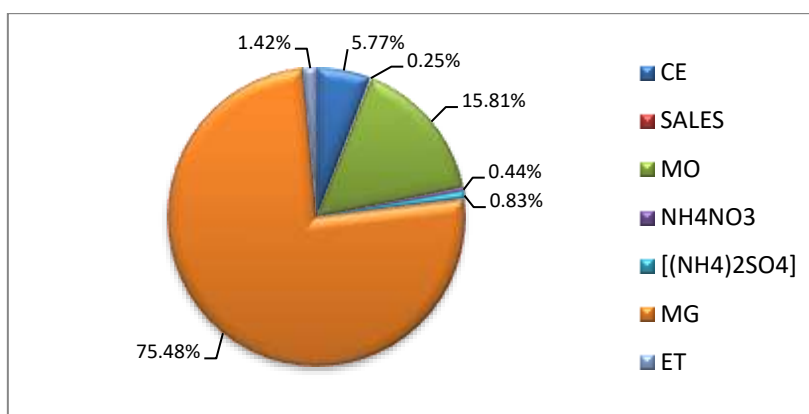


Figura 5. Contribución promedio en % de los componentes químicos de las Micropartículas PM10 en la zona urbana en la temporada de verano

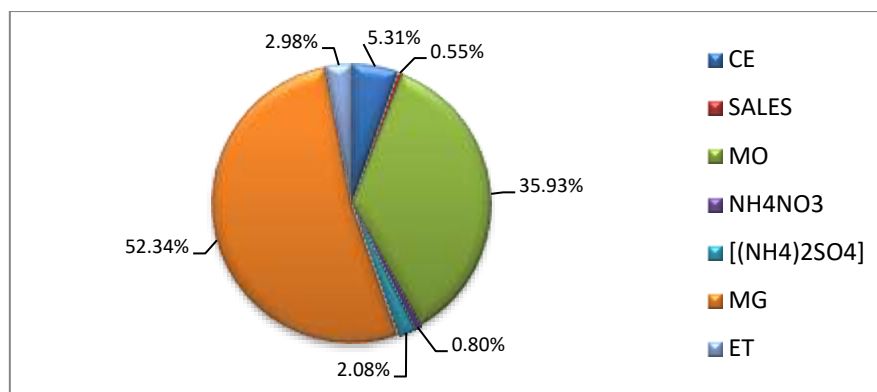


Figura 6. Contribución promedio en % de los componentes químicos de las Micropartículas PM10 en la zona rural en la temporada de verano

Si observamos las figuras, la Figura 4 y la Figura 6 para la zona rural se puede apreciar que el nivel de contaminantes químicos es similar, dándose una pequeña diferencia en la Figura 6 debido a un pequeño incremento en los nitratos y sulfatos, a causa de la fumigación de los campos de cultivo.

Las gráficas mostradas corresponden a una ciudad mejicana en sus zonas urbana y rural, estos porcentajes cambian, pero no significativamente en otras regiones de Latinoamérica.

Una descripción breve de los componentes químicos de las micropartículas PM2.5 y PM10., se listan a continuación.

Material geológico

Esencialmente constituido por óxidos metálicos. La proporción de las partículas suspendidas está relacionada con la composición del terreno y las actividades antropogénicas realizadas en dichos lugares. El material geológico es la principal fracción gruesa de las partículas y típicamente PM₁₀ mientras solamente contribuye entre el 5 y 15% de PM_{2.5}.

Sulfato

Con respecto a los sulfatos, el sulfato de amonio, sulfato de hidrogeno y amonio y el ácido sulfúrico son aquellas partículas usualmente presentes en la atmosfera. Estas partículas son producto de la conversión de gases a partículas. Dichos compuestos se pueden disolver en agua y se encuentran en el PM_{2.5}. Los sulfatos son un importante constituyente de las micropartículas y durante mucho tiempo se han considerado como dañinos, sin embargo, estudios experimentales demuestran que los sulfatos y nitratos tiene baja reactividad biológica ante concentraciones considerables de material particulado (Grahame & Schlesinger, 2005).

Nitrato

El compuesto más abundante dentro de este grupo es el nitrato de amonio, el cual es el producto de un equilibrio reversible gas/partícula. Los componentes involucrados en este proceso son el ácido nítrico en estado gaseoso, el nitrato de amonio particulado y el amonio en estado gaseoso. También encontramos al nitrato de sodio producto de una reacción irreversible.

Amonio

Habitualmente encontramos al sulfato de amonio, bisulfato de amonio y al nitrato de amonio en las partículas que contienen amonio y que sean producto de reacciones irreversibles entre ácido sulfúrico y amoniaco en estado gaseoso.

Cloruro de sodio

También denominado sal formada esencialmente por la perturbación de la superficie de grandes masas de agua salada por efecto del viento y el quebrantamiento de burbujas de aire que llegan al ámbito de estas grandes masas de agua salada.

Carbón Orgánico

La gran variedad de compuestos que comprenden una cantidad mayor de 20 átomos de carbono y sus distintas características y propiedades son descritos operacionalmente por diversos métodos.

Carbón elemental

También llamado hollín, dentro de las características principales del carbón elemental tenemos su gran peso molecular, color negro, incluye al carbón puro grafitico y materiales orgánicos no volátiles color negro.

Plomo

El plomo es un metal tóxico cuyo uso extendido ha causado una gran polución en el ambiente y problemas de salud en diversas zonas en el mundo, en especial, en los llamados países en vías de desarrollo.

El plomo se encuentra en los niveles bajos de la corteza terrestre, principalmente como sulfuro de plomo, sin embargo, la actividad humana, como la minera, fundición, refinería y reciclaje informal del plomo ha resultado en la dispersión de este contaminante en el ambiente, su presencia en los bienes que la gente consume está en la gasolina, baterías, pinturas, fabricación de joyas, soldaduras, cerámica, cigarros, vidrio aplomado (informal), basura electrónica y en las tuberías de agua. El plomo, una vez que se libera al ambiente, persiste, debido a esta

propiedad y fácil transporte a través de la atmósfera, estas emisiones afectan incluso a las regiones más recónditas del mundo. Se requiere muchos esfuerzos para reducir el uso y liberación de plomo y reducir la exposición humana, particularmente a los niños y mujeres en gestación.(WHO, 2010)



Figura 7. La ciudad de la Oroya fue considerada una de las ciudades más contaminadas del mundo debido a la alta concentración de plomo presente en el aire debido a la extracción minera.

Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos (HAPs)

Cerca del 90% de la emisión de HAPs procede de la combustión de automóviles, varios estudios han encontrado efectos genotóxicos; ocasionar daño al material genético, de estas sustancias el benzo [a] pireno (BaP) y dibenz[a, h] antraceno son altamente cancerígenos y estos se encuentran mezclados con otros HAPs en las micropartículas., la constitución de los HAPs, generalmente son anillos aromáticos condensados, siendo aquellos que representan más de cinco anillos los de mayor potencial tóxico y generalmente están asociados al material particulado PM₁₀ debido a sus propiedades fisicoquímicas.

Los HAPs están constituidos por más de 100 compuestos orgánicos diferentes y que abarcan diversos anillos bencénicos, algunos son duraderos y cancerígenos, aparecen durante la combustión incompleta de los combustibles, el gas, los residuos sólidos y otras sustancias orgánicas tales como el tabaco o la carne a la parrilla, el humo del tabaco es, la fuente principal de exposición para las personas. De los 16 HAPs, el benzo [a] pireno (BaP) y dibenz[a, h] antraceno son altamente cancerígenos.(Agudo, 2009)

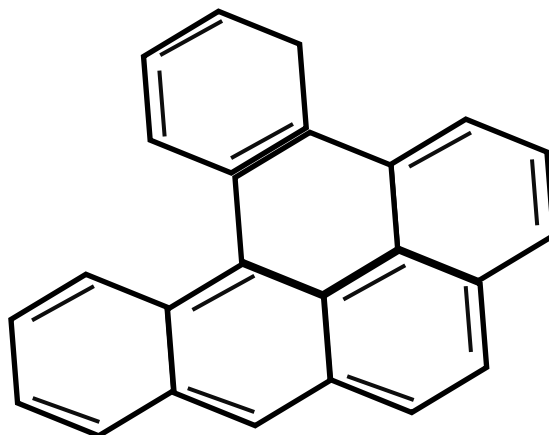


Figura 8. Configuración molecular del dibenzo [a,l] pireno.

Fuentes de los HAP

La amplia distribución de materia orgánica (carbón, madera, vegetación, combustibles fósiles, tabaco, alimentos y otros), y su combustión, los HAPs están presentes en todos los espacios de la tierra al mismo tiempo, es decir se encuentran en todo el medio ambiente.

Las fuentes responsables de la presencia de HAPs en el ambiente son:

Fuentes naturales

La lava de los volcanes y los incendios forestales debidos a causas naturales, el petróleo y los combustibles fósiles en todas sus formas contienen de manera natural HAP en pequeñas concentraciones (alrededor del 1%), dependiendo del origen del crudo.

Fuentes antropogénicas

Originados por la actividad humana, el uso de procesos de combustión de materia orgánica, durante el último siglo ha hecho que la generación de HAPs sea un fenómeno frecuente en nuestra sociedad. Los combustibles fósiles (de materia orgánica) son usados frecuentemente en actividades industriales, calefacciones domésticas, y todo tipo de vehículos de transporte, el tabaco y los alimentos; son parte de esta clasificación, de manera particular, el humo del tabaco contiene cantidades importantes de HAPs.

La Tabla 2 muestra los HAPs, sus correspondientes siglas y grupo al que pertenecen según la clasificación de la Agencia Internacional para la Investigación del Cáncer (IARC). La IARC (Pérez-Morales López, Morales Gómez, & Haza Duaso, 2016) ha consignado un único HAP, el benzo[a]pireno, como carcinógeno para el hombre (grupo 1), tres como probables carcinógenos para humanos (grupo 2A) y diez como posibles carcinógenos para humanos (grupo 2B). La IARC es una dependencia de la OMS

Tabla 2 Lista de los HAPs según la IARC

Hidrocarburos policíclicos HAPs	aromáticos	Sigla	IARC
Benzo[a]pireno		B[a]P	1
Criseno		CHR	2B
Benzo[a]antraceno		B[a]A	2B
Benzo[b]fluoranteno		B[b]F	2B
Benzo[k]fluoranteno		B[k]F	2B
Indeno[123-cd]pireno		I[1,2,3-cd]P	2B
Dibenzo[a,h]antraceno		DB[a,h]A	2A
Benzo[ghi]perileno		B[ghi]P	3
Benzo[j]fluoranteno		B[j]F	2B
Ciclopenta[cd]pireno		CPP	2A
Dibenzo[a,l]pireno		DB[a,l]P	2A
Dibenzo[a,e]pireno		DB[a,e]P	3
Dibenzo[a,i]pireno		DB[a,i]P	2B
Dibenzo[a,h]pireno		DB[a,h]P	2B
5-Metilcriseno		5-MC	2B
Benzo[c]fluoreno		BF	3
Naftaleno		NA	2B
Fenantreno		PHE	3
Antraceno		ANTH	3
Fluoranteno		FLA	3
Pireno		PY	3

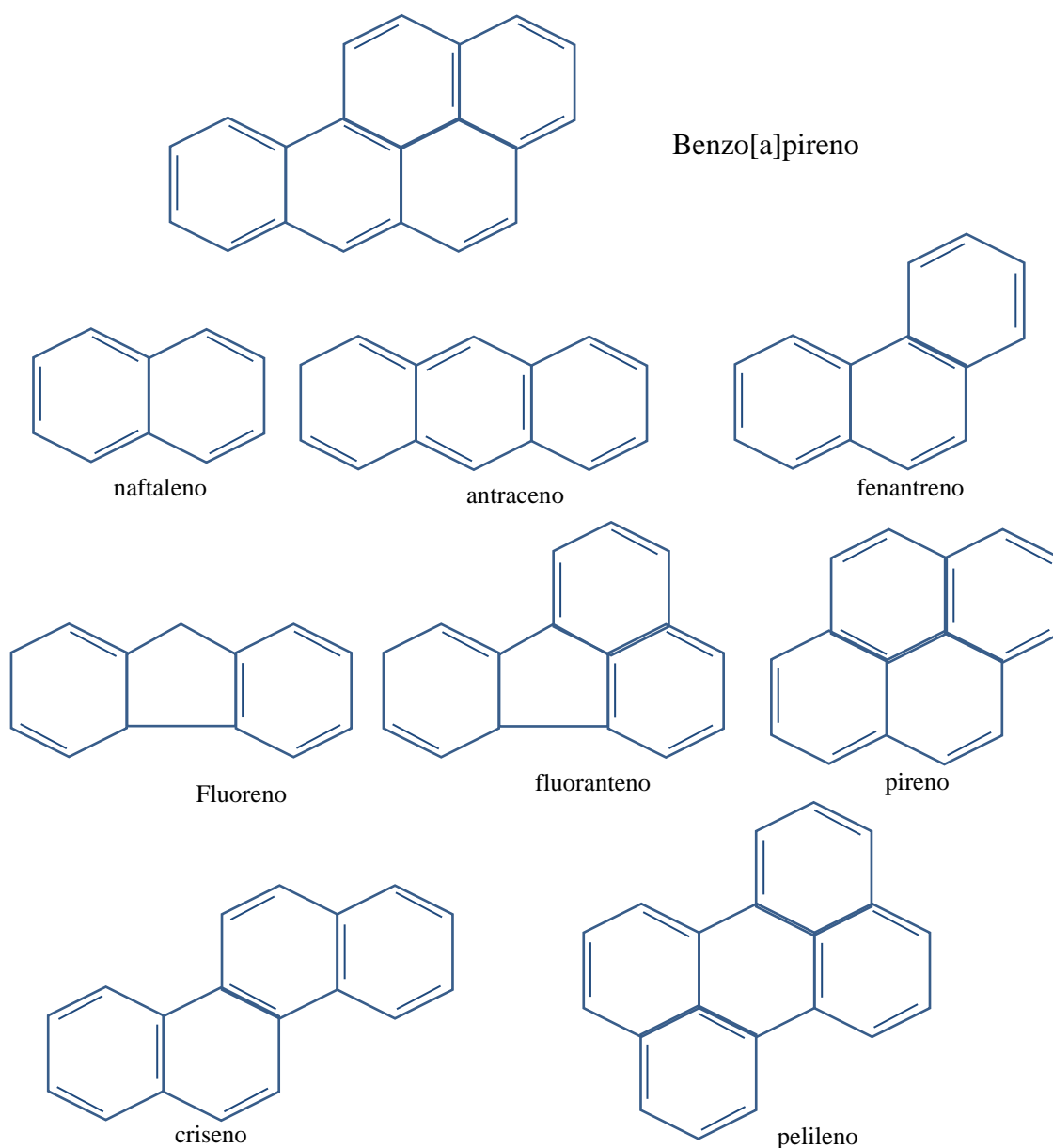


Figura 9. Conformación química de los principales Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos (HAPs)

La Figura 9. muestra la conformación química de los principales (HAPs)., cada vértice corresponde a un átomo de carbono, el átomo de carbono tiene 4 enlaces, representado por los segmentos que concurren en cada vértice; la mayoría lleva 3 enlaces, lo que significa que el enlace restante está ocupado por un átomo de hidrógeno, .(Pérez-Morales López et al., 2016)

1.3.4. Fuentes de contaminación atmosférica

1.3.4.1. Fuentes de origen natural

Como la propiedad del nombre lo menciona, lo constituyen sucesos en los cuales no interviene el hombre entre ellos tenemos procesos de combustión natural (incendios forestales), procesos volcánicos, interacción del viento con las grandes masas de agua salada (mares y océanos).

1.3.4.2. Fuentes de origen artificial o antropogénicos

Originada por gran variedad de actividades., las que requieran el uso de combustibles y altas temperaturas, las que requieran un gran desplazamiento o manipulación de tierra (en el cual también se incluye el polvo), actividades que manipulen plomo ya sea para su obtención o para su transformación bajo distintos procesos, productos de procesos químicos en el medio ambiente.

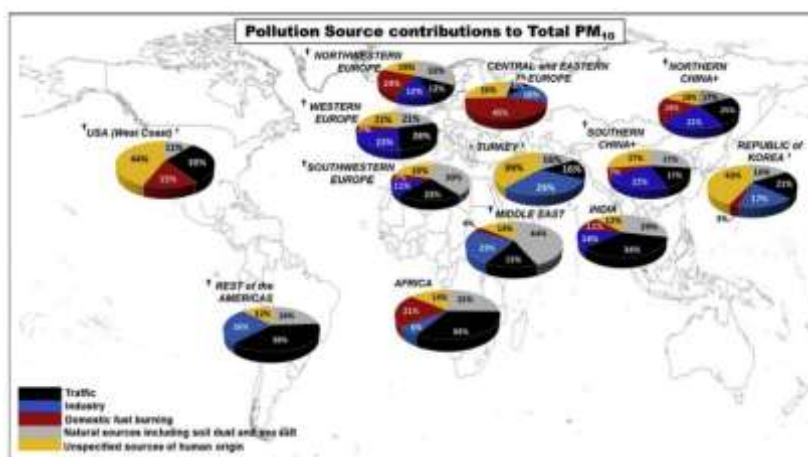


Figura 10. Promedios ponderados por población para las contribuciones de fuentes relativas al PM₁₀ total en sitios urbanos.(EU, 2015)

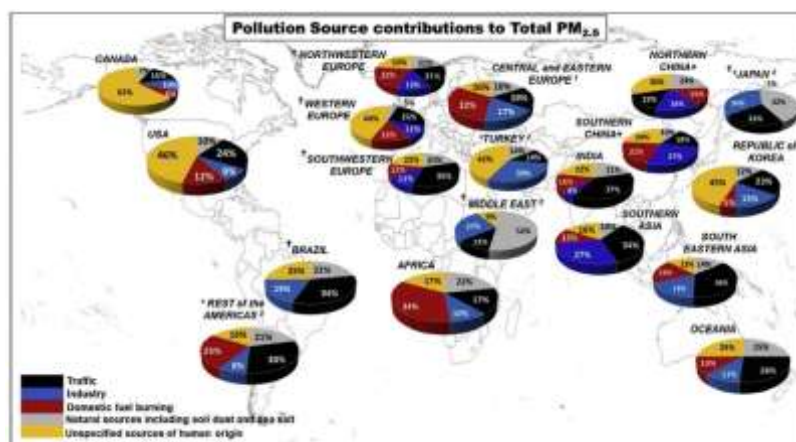


Figura 11. Promedios ponderados por la población para las contribuciones de fuentes relativas al PM_{2.5} total en sitios urbanos(EU, 2015).

El mapa global de las concentraciones promedio ponderadas por año de las micropartículas PM₁₀ y PM_{2.5} en el 2015 son mostradas en la Figura 10 y Figura 11 e indican que hay diferentes grados de exposición experimentada por las poblaciones alrededor del mundo. Identificar estos patrones es un buen comienzo para entender que recursos y actividades contribuyen a los elevados niveles de contaminación aérea, y que hacer para contrarrestarlas.

1.3.5. Material Particulado en el Mundo

La exposición al material particulado es el factor primordial de riesgo ambiental que causa muertes en el mundo, es responsable de 4.2 millones de muertes por cardiopatías y neumopatías en el 2015, ocupando el quinto lugar en la clasificación de riesgos generales, como puede apreciarse en la Figura 12.

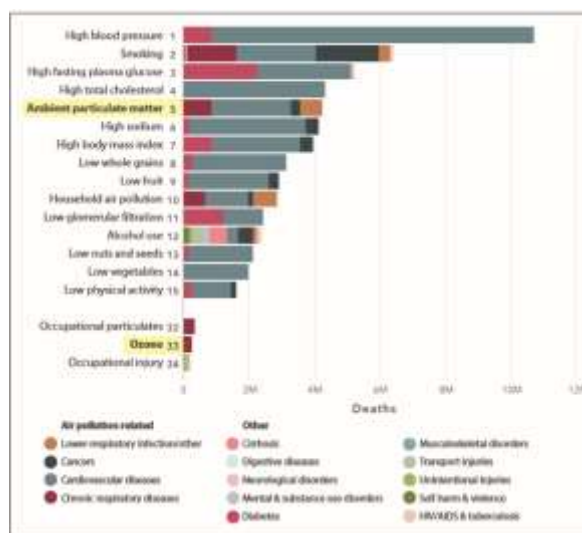


Figura 12. Clasificación mundial de los factores de riesgo para el total de muertes por todas las causas en el 2015 (Health Effects Institute, 2017)

En la Figura 13, se muestra los resultados de un estudio publicado por la (Health Effects Institute, (HEI) en china, donde se indica que las mayores fuentes de origen se encuentran en la combustión del carbón por la industria, plantas de energía y los hogares. Estas actividades humanas son parte del 40% de la concentración de PM_{2.5} en toda china además se observa la evolución de la concentración de PM_{2.5} en los países con mayor población. Bangladesh, India y China han experimentado altos niveles y grandes incrementos de exposición al PM_{2.5}. por el lado de China, el incremento se debe a la explosión económica que experimentó, por otra parte, los países de Bangladesh e India poseen las más altas tasas de incremento y concentración de PM en el mundo.

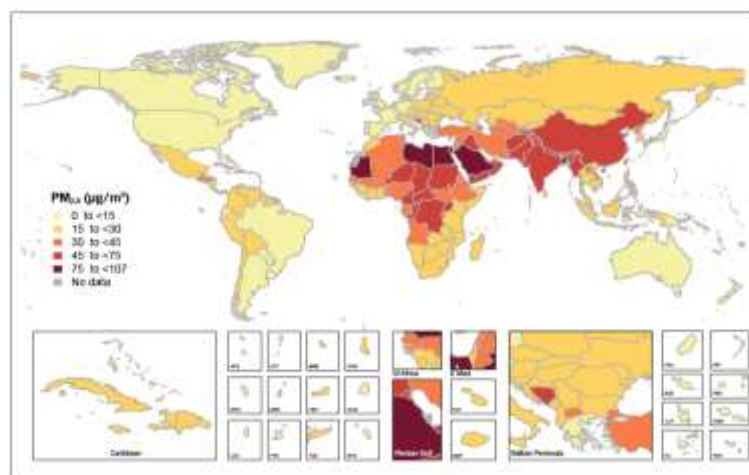


Figura 13. Promedio anual de concentraciones ponderadas de PM_{2.5} en la población en 2015. (Health Effects Institute, 2017)

Finalmente, los países con menores concentraciones de PM_{2.5} son Rusia, Indonesia, UE, Japón, Brasil y USA, como puede observarse en la Figura 14

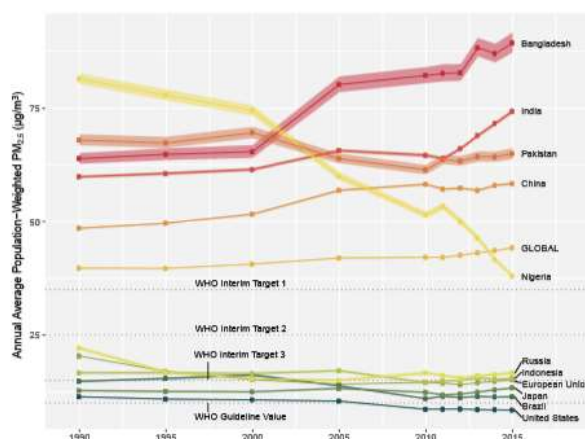


Figura 14. Promedio ponderado anual de PM_{2.5} a través del tiempo en los 10 países más poblados y la Unión Europea

Las condiciones de aire que respiramos a nivel mundial son muy contaminantes según el Nuevo Herald, Figura 15, <https://www.elnuevoherald.com>, se menciona que el 92 % de la población mundial vive en zonas donde los niveles de calidad del aire exceden los límites máximos permitidos fijados por la Organización Mundial de la Salud (OMS), advirtió el organismo en Ginebra el 28 de setiembre del 2016, indicando que este hecho ocasiona la muerte 6.5 millones de habitantes..

“De 10 personas solo una persona respira un aire que está en los límites establecidos por la OMS. los nueve restantes respiran aire que es perjudicial para su salud”,

afirmó en rueda de prensa María Neira, directora del departamento de Medioambiente y Salud.

“En la fecha mencionada la OMS hizo público un informe en el que evaluaba la calidad del aire a la que se encuentra expuesta la población mundial, cuantificando las enfermedades y muertes derivadas de esta contaminación”.



Figura 15. Comentarios del Nuevo Herald r respecto a la calidad del aire a nivel mundial

Para tener una perspectiva de la concentración de PM en el mundo World Health Organization WHO publicó una guía donde establece que el límite de concentración de $PM_{2.5}$ sea de $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ como media anual y $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ como media diaria. Sobre el PM_{10} , el límite se encuentra en $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ como media anual y $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ como media diaria. Basándose en estos límites, más del 90% de la población vive en áreas con aire insalubre como se muestra en la Figura 16.

Guidelines	
$PM_{2.5}$:	$10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ annual mean $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 24-hour mean
PM_{10}:	$20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ annual mean $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 24-hour mean

Figura 16. Pautas de calidad del Aire (World Health Organization, 2006)

A manera de resumen de la calidad del aire en el mundo, presentamos la Tabla 3 que es un compendio de una base de datos muy extensa y detallada trabajada por la WHO-2014 donde mostramos los países a nivel del mundo que son los más contaminados por micropartículas PM_{10} y $PM_{2.5}$. (AAP_PM_database_May2014, n.d.)

Tabla 3 Países con mayor concentración de micropartículas PM10 y PM2.5

País	Media Anual PM10 (ug/m ³)	Año	Media Anual PM2 5(ug/m ³)	Año
Pakistan	282	2010	101	2010
Afghanistan	268	2009	84	2009
Bahrain	254	2012	57	2012
Senegal	179	2012	40	2012
Qatar	165	2012	92	2012
Bangladesh	163	2013	79	2013
United Arab Emirates	161	2011	61	
Mongolia	140	2009- 2010	64	
Egypt	136	2011	74	2011
India	134	2009- 2012	59	

Bajo ese mismo pensamiento en la Tabla 4 mostramos los países menos contaminados por micropartículas PM₁₀ y PM_{2.5} (AAP_PM_database_May2014, n.d.)

Tabla 4 Países con menor concentración de micropartículas PM10 y PM2.5

País	Media Anual PM10 (ug/m ³)	Año	Media Anual PM10 (ug/m ³)	Año
Ireland	18	2011	9	2011
Sweden	17	2011	9	2011
New Zealand	16	2011-2012	7	
Estonia	13	2011	7	2011
Denmark	13	2010	16	2011
Finland	12	2011	7	2011
Brunei Darussalam	12	2010	5	
Canada	11	2010-2012	8	2010-2012
Australia	10		6	2010-2011
Iceland	9	2011	5	2011

1.3.6. Micropartículas PM2.5 y PM10 en Latinoamérica

Los datos de América Latina y el Caribe respecto al material particulado son diversos. En ciudad de México y Santiago tienen un gran trabajo de años en lo relacionado con el monitoreo

del aire. Por otro lado, otros países recién empiezan a planificar y sistematizar la toma de datos de sus estaciones de monitoreo.

En la tabla 5, se observa la norma anual impuesta por el estado de algunas ciudades latinoamericanas y sus respectivas concentraciones por año desde el 2008 al 2012 (AAP_PM_database_May2014, n.d.), en general, las concentraciones de PM anual en América Latina no cumplen dichas normas.

Tabla 5 Concentración de micropartículas PM10 y PM2.5 en países de américa latina.

País	Media	Año	Media	Año
	Anual PM10 (ug/m ³)		Anual PM10 (ug/m ³)	
México	79	2011	27	2011
Chile	64	2011	28	2008-2012
Perú	63	2011	38	2011
Honduras	58	2013	32	2013
Bolivia	51	2010	27	
Venezuela	47	2011	26	
Guatemala	45	2012	33	2012
Colombia	43	2010-2012	24	
Brazil	41	2012	22	
Ecuador	38	2012	18	
Jamaica	36	2011	20	
Costa Rica	31	2011	17	
Argentina	30	2012	16	
Uruguay	27	2012	18	2012

Un gran problema que enfrentan los países de América Latina y el Caribe es la combustión por biomasa con fines de cocción y calefacción en interiores. Muchos hogares con bajos recursos económicos optan por la madera como combustible, la cual no es limpia ni eficiente y origina la deforestación de los lugares cercanos de uso. Esta actividad expone a una gran concentración de partículas finas y ultrafinas a sus usuarios que no solo la usan por un aspecto económico, sino por aspectos culturales, cabe resaltar, que varios estudios han verificado una relación entre el exceso de mortalidad diaria y la contaminación aérea.

En la zona andina, donde las construcciones son cerradas, es decir de difícil ventilación, existe mayor contaminación y riesgo de contraer alguna enfermedad comparada con las zonas tropicales de América Latina y el Caribe. Este tipo de contaminación en interiores se ha relacionado con un aumento en el riesgo de contraer enfermedades respiratorias en niños y obstrucción crónica en adultos.

Otro contaminante interior muy presente en América Latina y el Caribe es el humo del tabaco ajeno, estudios revelan grandes concentraciones de nicotina en restaurantes, escuelas, bares, centros de salud y oficinas gubernamentales, este contaminante interior origina enfermedades respiratorias tales como asma, bronquitis, neumonía e infecciones del oído en niños; cáncer de pulmón y cardiopatías en adultos.

1.3.7. Micropartículas PM2.5 y PM10 en Lima Metropolitana

En el mapa de la figura 17 se presentan 4 puntos donde hay evidencia que existe un nivel muy elevado de la presencia de material particulado de acuerdo con las informaciones publicadas por el SENAMHI



Figura 17. Distritos más contaminados de Lima (Elaboración propia)

En el cono norte de Lima, los distritos más contaminados son Puente Piedra y Carabayllo, y el menos contaminado es San Martín de Porres, en Puente Piedra se alcanza niveles máximos de aproximadamente $150\mu\text{g}/\text{m}^3$ de PM_{10} a las 7:00 pm. Este valor de concentración es 3 veces más del límite recomendado por la OMS, según SENAMHI el valor mostrado, es suficiente para causar efectos en la salud de las personas y efectos graves en la población sensible, como son los niños, ancianos, madres gestantes, personas con enfermedades pulmonares obstructivas crónicas y cardiovasculares, en Carabayllo y San Martín de Porres, se alcanzan los niveles máximos en la mañana entre las 9:00 y 10:00 am., las concentraciones mínimas se dan en la madrugada de 4:00 a 6:00 am en los 3 distritos, dichos datos se encuentran graficados en la figura 18.(SENAMHI, 2015)

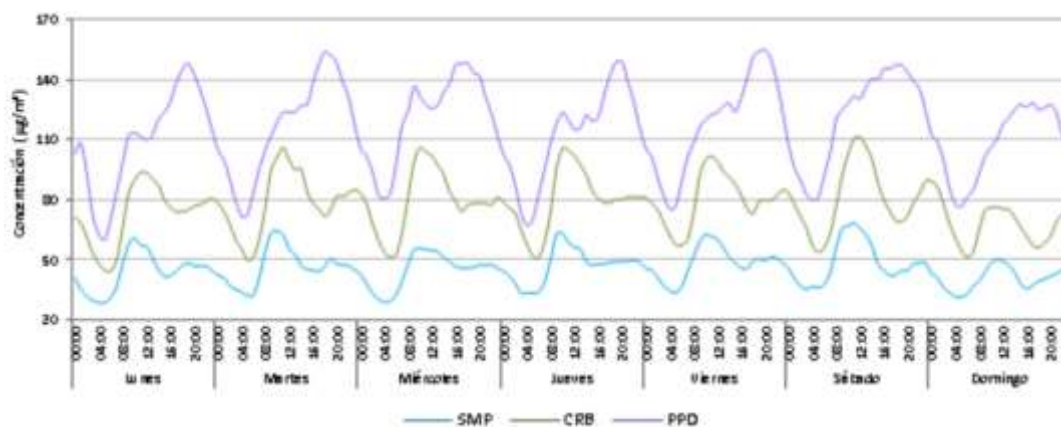


Figura 18 Evolución horaria del PM_{10} a través de la semana en el cono norte de Lima Metropolitana en el 2015.(SENAMHI, 2015)

En el cono este de Lima, los distritos de Ate Vitarte y Huachipa son las zonas con mayor índice de concentración de micropartículas, y los distritos de San Juan de Lurigancho y Santa Anita son los distritos con menor polución, en estos distritos, aumenta drásticamente el nivel de contaminación entre las 9:00 am y 10:00 am, ya que en ese intervalo es cuando se ha acumulado todos los gases expelidos por los vehículos que parten hacia el centro de la ciudad y otros que se marchan al centro del Perú por la carretera central. Un factor determinante para dicha acumulación son los vientos que se dirigen del oeste hacia el este de Lima en las horas tempranas del día, como se muestra en la figura 19. Los niveles de concentraciones mínimas de micropartículas se dan en la madrugada entre las 3:00 am y las 6:00 am, donde el tránsito vehicular se ve reducido. Dichos datos se encuentran en la figura 21. (SENAMHI, 2015)

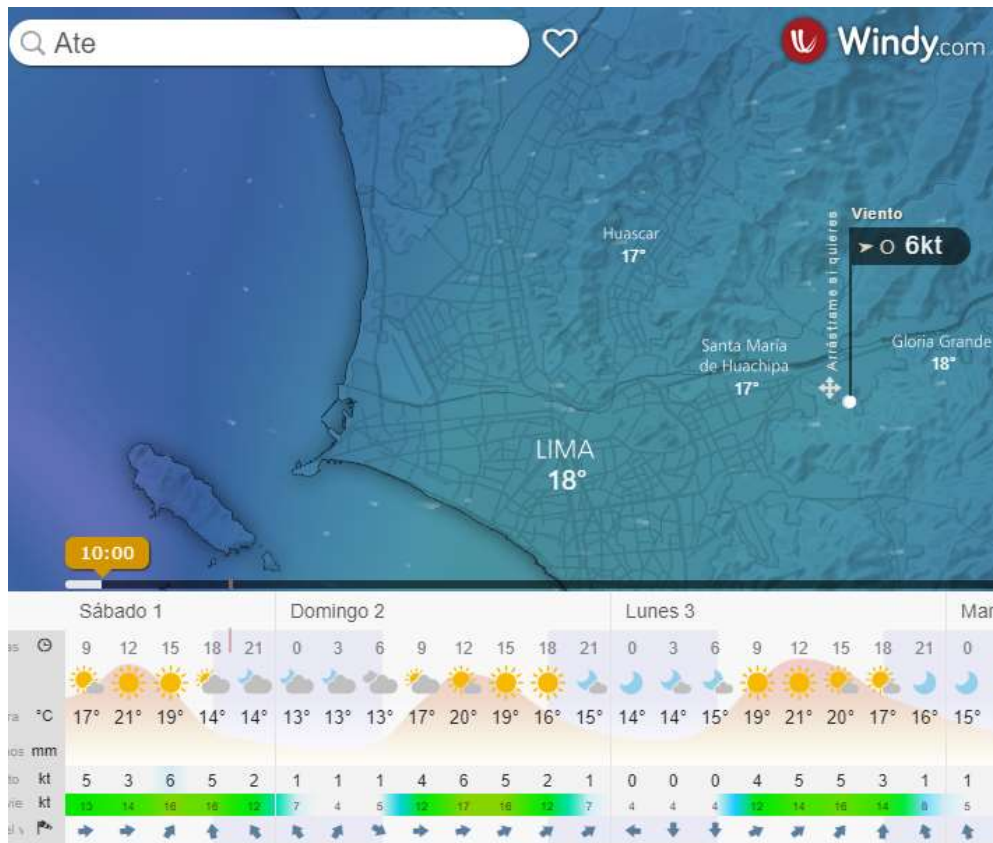


Figura 19. Orientación del viento en Lima Metropolitana a las 10:00 am. Dicho patrón se repite frecuentemente a diario en las mañanas. (Windy, 2018)

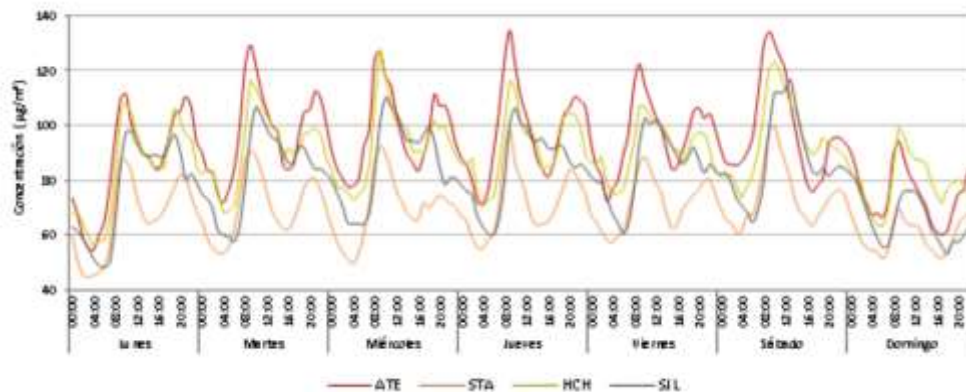


Figura 20 Evolución del PM10 a través de la semana en el cono este de Lima Metropolitana en el 2015. (SENAMHI, 2015)

En el cono sur y el centro de Lima, hay mucha diferencia. Villa María del Triunfo (sur de Lima) presenta tres veces más de concentración de material particulado que los distritos céntricos. Estando más contaminada que Puente Piedra; Villa María del Triunfo llega a picos de concentración de material particulado de $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ entre las 9:00 am y 10:00 am., los distritos monitoreados menos contaminados son San Borja y Jesús María. Dichos datos se muestran en la figura 20. (SENAMHI, 2015)

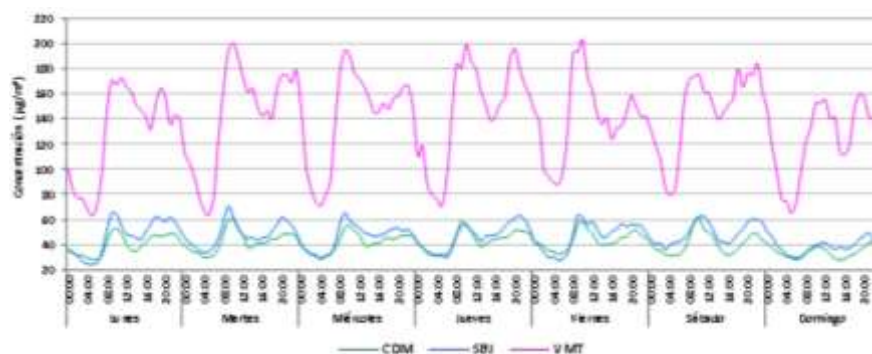


Figura 21. Evolución del PM_{10} a través de la semana en el centro y sur de Lima Metropolitana en el 2015.(SENAMHI, 2015)

En Lima la contaminación está directamente relacionada con el parque automotor, fabricas, comercios, restaurantes, que emiten contaminantes como el dióxido de azufre, dióxido de nitrógeno, micropartículas PM_{10} o menor (incluyendo al $PM_{2.5}$).

La Dirección General de Salud Ambiental ha realizado un monitoreo desde el año 2000 al 2014 cuyos resultados fueron una disminución del 72,8% en contaminación de dióxido de azufre; del 81,9% en contaminación de dióxido de nitrógeno, del 41,2% en contaminación de micropartículas PM_{10} , del 32,5% en contaminación de material particulado $PM_{2.5}$.

En todas las gráficas del estudio realizado por DIGESA, la tendencia es decreciente; con respecto a los contaminantes mencionados, sin embargo, con respecto a las micropartículas (PM_{10} y $PM_{2.5}$), aun se supera los valores recomendados por ECA y de lejos lo de la OMS.

1.3.8. Micropartículas $PM_{2.5}$ y PM_{10} en Ate

El distrito de Ate Vitarte está considerado como uno de los distritos más contaminados de nuestra capital. Esto se debe en parte a la meteorización de rocas, origen natural, ya que el distrito se encuentra entre cerros áridos con muy poca vegetación. Esta situación geográfica, hace difícil la dispersión de los contaminantes presente en el distrito, por otra parte, un porcentaje del material particulado de origen artificial se compone por cobre, estaño y trazas de carbón., esto se debe al constante tránsito de vehículos ligeros y pesados que recorren el distrito a través de la carretera central, precario mantenimiento, importación de auto usados y combustible de baja calidad, por las construcciones de condominios y departamentos; por la presencia de industrias químicas y metalúrgicas; y talleres, se suma a ello la nula aplicación de planes urbanos, tecnologías desfasadas, etc. (PISA, 2010).

Tabla 6. Cantidad de fuentes de contaminación dispersos en ATE en el 2010. (DIGESA, 2005)

Fuentes de Área en ATE	Cantidad
Panadería	217
Textiles (Tintorería)	20
Aserrado	5
Carpintería	96
Imprentas	30
Ladrilleras	6
Plantas de fierro y acero	5
Fundición de metales no ferrosos	3
Restaurantes (pollos a la brasa)	118
Grifos	32
Total	532

1.3.9. Presencia de enfermedades respiratorias

Las micropartículas, $PM_{2.5}$ y PM_{10} son nocivas para la salud de las personas, esto por la facilidad que tienen de introducirse en el sistema respiratorio, alterando los tejidos más profundos de los pulmones, la localización de las micropartículas en diversas partes del cuerpo humano, va acompañado del tamaño, forma, consistencia de las partículas, así como de la respiración de la persona, pudiendo ser esta nasal u oral, de la granulometría, la forma, su composición química, el tiempo de exposición y el nivel de sensibilidad de cada persona.

Los estudios epidemiológicos realizados intensamente durante las décadas de los 80 y 90, han permitido obtener suficientes datos para asegurar que existe una relación significativa entre la exposición al material particulado atmosférico y sus efectos fatales sobre la salud humana (Brunekreef, Dockery, & Krzyzanowski, 1995)

En los estudios los niveles de las micropartículas han sido distinguidos de diferentes formas, por ejemplo se considera la concentración en masa total, llamadas Partículas en Suspensión Totales, (PST), la concentración de algunas de sus fracciones como son el $PM_{2.5}$ y el PM_{10} , la composición química, entre otras características, algunos ejemplos presentados a raíz de estos estudios muestran que en Austria, Suiza y Francia el 6% de las muertes anuales (aproximadamente 40.000 muertes/año) son atribuidos a la polucion por partículas atmosféricas (Künzil et al., 2000). Las consecuencias de la exposición a las micropartículas se perciben tanto en episodios de contaminación crónicos como agudos (OMS, 2002). Ambos tipos de episodio significan sin duda, incrementos en la admisión de pacientes en los hospitales por afecciones respiratorias y cardiovasculares, siendo ambas las principales causas del incremento de la mortalidad. (Schwartz, 1994)

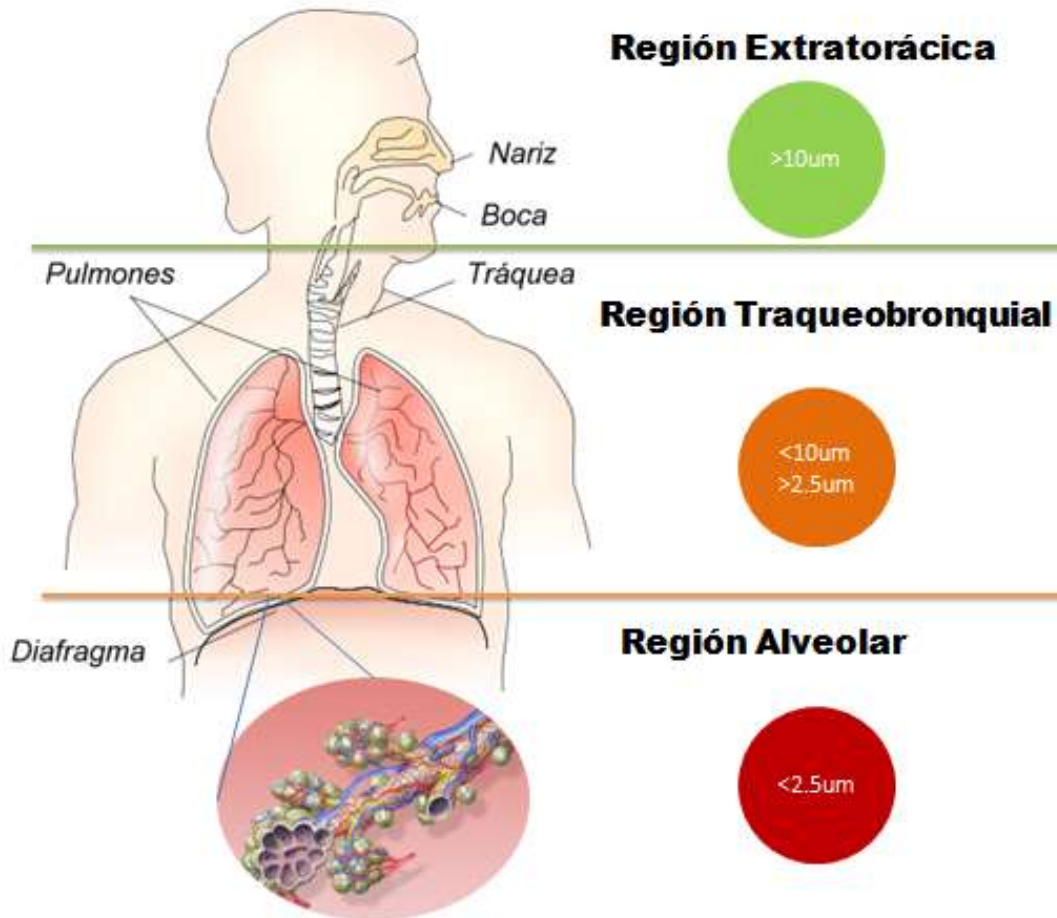


Figura 22. Órganos afectados en función del tamaño del material particulado

En la Figura 22 se observa que la región extratorácica conformado por la laringe, faringe, cavidades nasales son atacadas directamente por material particulado mayores a $10\ \mu\text{m}$, la región traqueo bronquial, conformado por bronquios principales, bronquios, bronquiolos, son afectados por micropartículas PM_{10} y $\text{PM}_{2.5}$, la región alveolar que comprende a los alveolos pulmonares es afectado por microparticulas menores a $2.5\ \mu\text{m}$.

1.3.10. Efectos sobre la salud poblacional

Las micropartículas $\text{PM}_{2.5}$ y PM_{10} originan una serie de efectos sobre la salud poblacional de las diversas regiones del mundo, siendo las más relevantes las que a continuación se listan.

Afectación aguda y crónica

Se define como alteraciones del funcionamiento del sistema respiratorio del cuerpo. Es decir, un funcionamiento anómalo del sistema respiratorio por alergias, alteración en los tejidos e inflamaciones.

Síntomas respiratorios

El sistema respiratorio al no poder funcionar de manera normal, al estar expuesto al material particulado contaminante presentará consecuencias reflejadas en síntomas respiratorios como tos y disnea (dificultades para la oxigenación del cuerpo). Materiales como el vanadio níquel y hierro estudiado como componentes del material particulado de la ceniza volcánica produce en corto plazo inflamación a nivel pulmonar (Carter, Ghio, Samet, & Devlin, 1997).

Aumento de sensibilidad

Debido a la exposición del sistema respiratorio a elementos contaminantes, el riesgo al que se somete el ser humano lo hace más propenso a contraer una enfermedad respiratoria.

Infecciones

Muchos componentes liberados al aire, incluyendo al material particulado, constituyen un serio riesgo para el medio ambiente y el hombre, si bien las infecciones respiratorias son a causa de virus y bacterias, el material particulado aumenta la probabilidad y la reincidencia de infecciones pulmonares.

Cardiopatías

La mezcla de cobre, zinc y vanadio en material particulado genera una gran variedad de complicaciones cardiovasculares como la reducción instantánea del ritmo cardiaco, vasoconstricción y vasodilatación (Graff, Cascio, Brackhan, & Devlin, 2004).

La mezcla de níquel y vanadio tiene una acción más nociva que ambos de modo independiente, la exposición a las micropartículas de níquel genera una bradicardia, hipotermia y arritmia a largo plazo, la presencia de vanadio acrecienta los efectos anteriores, sin embargo, la presencia exclusiva de vanadio en los PM del ambiente genera una respuesta cardiaca similar a la descrita, pero en corto plazo (Campen et al., 2001).

La inhalación del aire conteniendo PM con alto contenido de zinc produce daño en el miocardio, comprobado en experimentación con ratas de laboratorio (Kodavanti et al., 2003).

Rinoconjuntivitis alérgica

Es producido por la inflamación de las vías respiratorias (fosas nasales) afectando las mucosas conjuntival, óptica y faríngea.

Alveolitis alérgica

Comprende un grupo de enfermedades respiratoria debido a la exposición repetida y permanente del sistema respiratorio a pequeñas partículas. Los iones de aluminio, cadmio, níquel y estroncio, fomentan la liberación de IL-4 y la desgranulación de mastocitos lo que evidencia la relación entre los metales solubles del material particulado y las respuestas alérgicas (Walczak-Drzewiecka, Wyczółkowska, & Dastyh, 2003)

Daño pulmonar permanente

Daño irreversible a los pulmones debido a las enfermedades respiratorias, afectando tanto a los alveolos o el tejido pulmonar limitando el proceso de oxigenación del cuerpo, también llamado toxicidad pulmonar.

Irritación sensorial

Originado por la exposición del cuerpo a contaminantes, esto genera una irritación en algunos tejidos del cuerpo, alterando la percepción e interpretación de las señales percibidas en el cuerpo.

Daño de células nerviosas

Con respecto al desenvolvimiento de la persona en los procesos neurocognitivos, el desarrollo neuronal se puede ver afectado inclusive desde el embarazo. En el caso de personas jóvenes, se percibe un desarrollo neurocognitivo deficiente y en el caso de adultos mayores, se degrada la condición cognitiva.

Cambios neurofisiológicos

Los contaminantes afectan la condición de bioseguridad y en el caso del estudio se ve comprometido el desarrollo del sistema nervioso, debido a ello, se puede producir un desarrollo desacelerado o anómalo del sistema nervioso.

Oxigenación reducida

El corazón está encargado de oxigenar el cuerpo. Sin embargo, el daño a los tejidos y la presencia de pequeñas partículas en el intercambio de oxígeno y dióxido de carbono genera limitaciones a la oxigenación del cuerpo, originando una mayor tasa de afectados y mortandad por enfermedades cardiovasculares.

La contaminación del aire en el mundo ha tenido un control en los últimos años; pero no lo suficiente y muchas de las partículas y sustancias liberadas siguen dañando lentamente al ser humano, en conjunto con el daño del sistema nervioso, posibles malformaciones durante el

embarazo y daño/obstrucción cardiovascular por la presencia de partículas, aumentan la probabilidad de muerte por enfermedades cardiovasculares.

Infarto miocárdico

Se origina por la reducción de tamaño y congestión de las arterias coronarias, esto hace que el tejido del musculo cardiaco no pueda oxigenarse debidamente, haciendo que este tejido se dañe y se convierta en tejido necrótico.

Cáncer pulmonar

Se estima de que el mayor porcentaje de procesos cancerígenos de pulmón están relacionados con las afecciones pulmonares o respiratorias. El cáncer pulmonar es un proceso anómalo del sistema respiratorio en el cual como en todo tipo de cáncer hay un aumento de células malignas en el pulmón., las micropartículas provenientes de la combustión son las principales responsables de modificaciones en las cadenas de ADN y por ello provocan carcinomas, las micropartículas con alto contenido orgánico constan de la combustión del Diesel DEP y HAPs, estructuras policromáticas provenientes normalmente de la combustión de derivados vegetales.

Componentes orgánicos del material particulado producto de la combustión forma compuestos reaccionantes con el ADN formando mutaciones e inhibe la comunicación intercelular (Kuljukka-Rabb et al., 2001).

Leucemia

Llamado cáncer a la sangre es un daño a los tejidos encargados de la producción de sangre en el ser humano, como mencionamos anteriormente, se desconocen las causas exactas de la leucemia, pero se estiman que son tres los posibles factores de sus causas; genéticos, inmunodeficiencia y ambientales. La leucemia, es la producción de células sanguíneas deficientes o no saludables en el ser humano.

1.3.11. Efectos específicos en la salud poblacional

Asma

Enfermedad caracterizada por la obstrucción u obstaculización del sistema respiratorio (laringe, tráquea, bronquios y pulmones) e inflamación del sistema respiratorio, se caracteriza por la presencia de sibilancias, disnea, tos, particularmente por las noches y madrugadas, pese a los estudios realizados en diversos campos de la medicina tales como biología, genética, epidemiología las causas que originan el asma no son del todo conocidas, aunque muchos especialistas lo atribuyen a factores hereditarios y la más determinante a factores ambientales.

(S. García de la Rubia & S. Pérez Sánchez, 2016), hay estudios que explican que la obesidad es un factor de riesgo para el asma, también el sexo, siendo el sexo masculino, el de más alto riesgo, antes de los 14 años el predominio del asma es dos veces mayor en los niños que en las niñas.

Factores ambientales también son factores desencadenantes del asma, así como los alérgenos, la exposición al tabaco son las posibles causas que originan el asma, finalmente la contaminación ambiental y doméstica son importantes para determinar el impacto y las posibles causas del desarrollo del asma, como condiciones ambientales, podemos mencionar, la temperatura, la humedad, la presión atmosférica, así como la contaminación ambiental.

El asma, es una de las enfermedades del sistema respiratorio que afecta a personas de todas las edades, según la OMS en la actualidad 235 millones de personas sufren de esta enfermedad en el mundo, actualmente por la cantidad de enfermos, es considerado como un problema de salud pública en diversos países del mundo, sobre todo en aquellos de ascendencia anglosajona, es también un problema de los países desarrollados, en vías de desarrollo etc. La particularidad de estas poblaciones es que viven en áreas urbanas o semiurbanas.

Su presencia en el mundo es variable, fluctuando entre el 2% en Tartu (Estonia) y el 11.9% en Melbourne (Australia), así mismo, el predominio de sibilancias en los últimos 12 meses varía entre el 4.1% en Mumbai (India) y el 32% en Dublín (Irlanda)(FENAER et al., 2017).

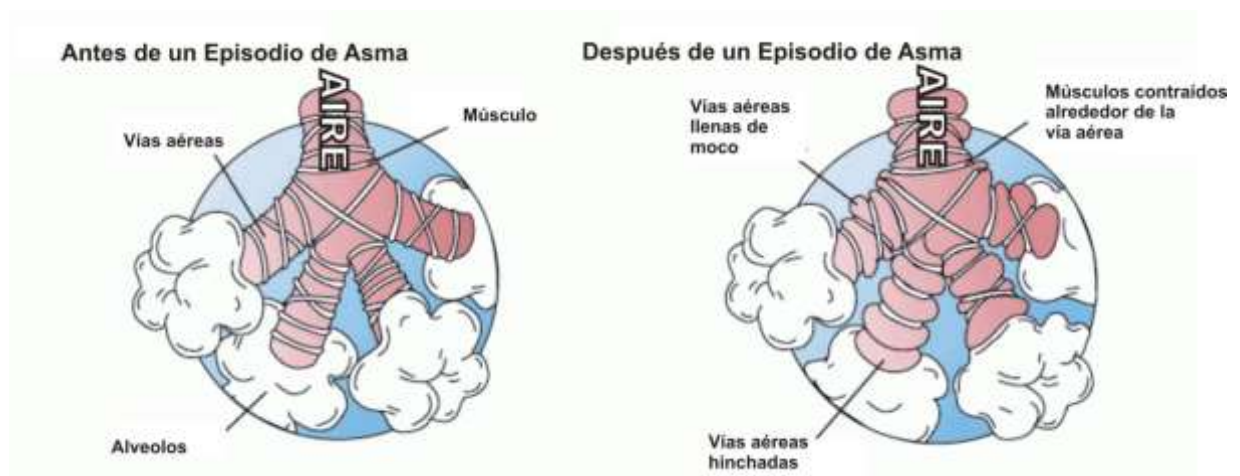


Figura 23 Alteraciones de las vías respiratorias debido a un episodio de asma(Wikipedia, 2008)

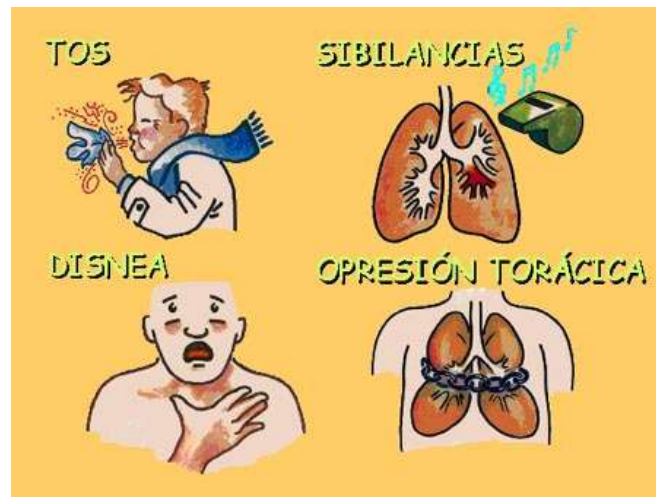


Figura 24. Síntomas del asma (CARRAL, 2011)

La figura 23 y la figura 24 muestran las alteraciones de las vías respiratorias como consecuencia del asma y los síntomas de dicha enfermedad respectivamente.

Rinitis – Faringitis

Se define como un proceso inflamatorio de las fosas nasales, los síntomas de la enfermedad pueden variar en cada paciente, los más relevantes son: fatiga en el día, dolor de cabeza, obstrucción nasal, alteraciones del sueño, comezón nasal y faríngeo, flujo nasal abundante, estornudos permanentes, enrojecimiento ocular, lagrimeo, mucosa nasal pálida con moco transparente y acuoso, puede ser considerada como una enfermedad de gran envergadura por el impacto que produce en la calidad de vida de los pacientes, produciendo en muchos casos problemas de conducta, ansiedad, falta de atención, problemas de aprendizaje, somnolencia diurna que afectan al rendimiento escolar. (Bercedo Sanz et al., 2016)

La Rinitis es una enfermedad común en la población, el nivel de prevalencia es de 20-25% en los países occidentales, aunque se conjetura que el número de enfermos debe ser mucho mayor, pues existen casos frecuentes en que los enfermos no recurren al médico si los síntomas son soportables, su presencia estaba asociada durante mucho tiempo a una enfermedad de tipo estacional, es decir cuando los síntomas eran frecuentes en ciertas épocas del año y la otra cuando estos síntomas eran permanentes, es decir con presencia de los síntomas durante todo el año.

“Un conjunto de expertos, en colaboración con la Organización Mundial de la Salud (OMS), ha recomendado una nueva clasificación de la Rinitis, esta según el tiempo de permanencia de los síntomas en “intermitente” o “persistente”, y según la gravedad de estos y el impacto sobre

la calidad de vida de los pacientes en “leve”, “moderada” y “grave”, estos criterios se muestran en la tabla 7.

Tabla 7. Clasificación de la rinitis de acuerdo al documento ARIA (López, 2013)

Intermitente	Persistente
Menor a 4 días por semana	Mayor 4 días por semana
Menor 4 semanas consecutivas	Mayor 4 semanas consecutivas
Leve	Moderada/grave uno o más puntos
Sueño normal	Sueño anormal
Sin impedimento para las actividades diarias, deportes, tiempo libre	Impedimento para las actividades diarias, deporte, tiempo libre
Escolaridad y trabajo normales	Escolaridad y trabajo alterado
Sin síntomas problemáticos	Síntomas problemáticos

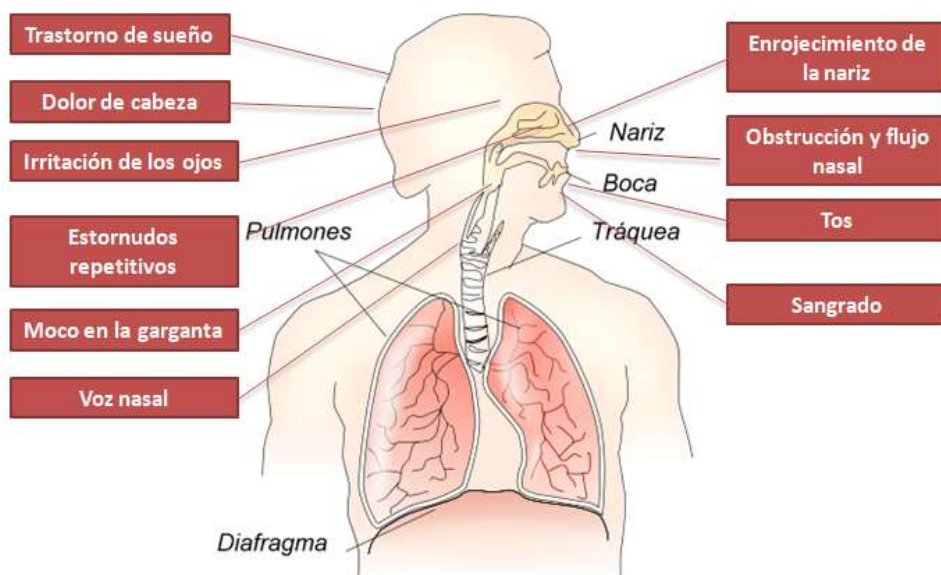


Figura 25. Principales síntomas de la Rinitis(ATX Elkarte, 2017) debe ser figura 25 ¿Cómo se actualiza?

Faringitis

Es una inflamación aguda o crónica de la mucosa de la faringe, generalmente asociada a una infección de tipo viral o bacteriana, o por contaminantes atmosféricos como las micropartículas.

Los tipos de faringitis son:

Faringitis aguda.- Aparece con mayor frecuencia y se manifiesta como un catarro agudo, el principal síntoma es el dolor de garganta que aumenta al tragar, también el carraspeo, es de tipo bacteriana, viene acompañada de fiebre alta, malestar general, dolor de cabeza, inflamación de los ganglios linfáticos en la zona del cuello.(Salud, n.d.)generalmente es causada por polvo, humo y vapor.

Faringitis crónica: - Son cambios inflamatorios, irritativos o alérgicas de la faringe que se mantienen a durante un buen tiempo, normalmente no tienen una causa infecciosa sino más bien son consecuencia de efectos causales, como sustancias irritantes, polvo, aire acondicionado seco en oficinas, contaminación atmosférica, abuso de alcohol, tabaco, las comidas muy calientes pueden lesionar la mucosa faríngea, algunos suelen asociarlos a factores hormonales, diabetes y alergias respiratorias, se caracteriza por una sensación de sequedad, picazón faríngeo, tos irritativa, necesidad de carraspeo frecuente y sensación de tener “algo” pegado en la garganta. Los episodios de ronquera en la voz son frecuentes, como consecuencia del carraspeo frecuente suele producirse pequeños sangrados de la mucosa y emisión de sangre con la saliva.

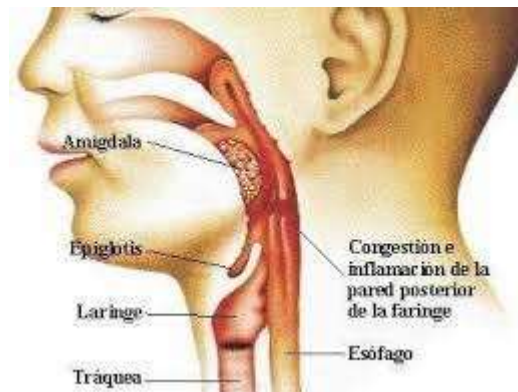


Figura 26. Afección faríngea etf 1949.wordpress.com

1.3.12. Polución ambiental por micropartículas PM2.5 y PM10 y las enfermedades respiratorias.

Diversos investigadores han relacionado los decesos ocurridos a raíz de enfermedades respiratorias y cardiovasculares con el aumento de material particulado en el medio ambiente, en la Tabla 8 se muestra un resumen de estos estudios.

Tabla 8. Estadística entre decesos por afecciones respiratorias y cardiovasculares por aumento de PM (Anderson, Thundiyil, & Stolbach, n.d.)

Referencia	Año	PM	Δ PM (en $\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Resultado	Efectos medidos (95% CI)
(Chuang K, Chan C, Su T, Lee C, 2007)	1993	PM10	18.6	Mortalidad no especificada	26% (8–47)
(Schicker B, Kuhn M, Fehr R, Asmis L, 2009)	1995	PM10	24.5	Mortalidad no especificada	17% (9–26)
		PM10	24.5	Mortalidad cardiopulmonar	31% (17–46)
(Pope C 2002)	2002	PM2.5	10	Mortalidad cardiopulmonar	9% (3–16)
(Pope C 2004)	2004	PM2.5	10	CVD isquémico, mortalidad	18% (14–23)
		PM2.5	10	CHF, arritmia, CP	13% (5–21)
(Miller K 2007)	2007	PM2.5	10	Evento cardiovascular	24% (9–41)
		PM2.5	10	Mortalidad cardiovascular	76% (25–147)
(Zeka A 2005)	2005	PM10	10	Mortalidad respiratoria	0.87% (0.38–1.36)
(Zanobetti A, 2009)	2009	PM2.5	10	Mortalidad respiratoria	1.68% (1.04–2.33)
(Wong C 2008)	2008	PM10	10	Mortalidad respiratoria	0.62% (0.22–1.02)
(Analitis A 2006)	2006	PM10	10	Mortalidad respiratoria	0.58% (0.21–0.95)
(Hales S 2010)	2010	PM10	10	Mortalidad respiratoria	1.3% (0.5–2.1)
(Pope C 2002)	2002	PM2.5	10	Mortalidad por cáncer pulmonar	8% (1–16)
(Lipsett et al., 2008)	2006	PM2.5	10	Mortalidad respiratoria	2.2% (0.6–3.9)

Los datos anteriores corroboran la hipótesis planteada, demostrándose de manera categórica, que las micropartículas están directamente relacionadas con enfermedades pulmonares y cardiovasculares alrededor de todos los países del mundo causando incluso la muerte.

1.3.13. Efectos en el medio ambiente

Contaminantes en el aire, contaminantes depositados en el suelo o en la superficie del agua pueden afectar a la naturaleza de muchas maneras. Al igual que los seres humanos, los animales también pueden padecer de daños en su salud debido a la presencia de estos materiales contaminantes., varios estudios han mostrado que la contaminación está contribuyendo en nacimientos defectuosos, reproducción fallida y enfermedades en animales. Algunos contaminantes tóxicos son una posible amenaza para ecosistemas acuáticos, estos contaminantes se acumulan en los sedimentos y tienden a magnificarse en los tejidos de los animales que se encuentran por encima de la cadena alimenticia, teniendo una concentración mayor que en el agua o el aire (Department of Environmental Protection, 2016).

Lluvias acidas

Son precipitaciones que contienen dañinas cantidades de ácido sulfúrico y ácido nítrico, estos ácidos son formados a partir de óxidos de nitrógeno y óxidos de azufre liberados a la atmósfera por la quema de combustibles fósiles. Estos ácidos llegan a la superficie de la tierra por precipitación ya sea por lluvia, por nieblas o por precipitación seca como gas o partículas, estos pueden ser desplazados a grandes distancias por el viento y dañar bosques, aumentando la acidez del suelo y masas de agua.

Eutrofización

Condición en la cual las masas de agua en la cual contienen grandes cantidades de nutrientes (como el nitrógeno) estimulan el desarrollo de algas, lo cual puede tener como consecuencia la muerte de peces y pérdida de diversidad animal y vegetal. A pesar de que la eutrofización es un proceso natural en el “envejecimiento” de las masas de agua, actividades antropogénicas pueden acelerar esta condición para los ecosistemas acuáticos.

Cambio Climático

Es causado cuando la luz solar se encuentra con pequeñas partículas en el aire. Esto disminuye la claridad, color, textura y la forma en que percibimos visualmente. Algunas fuentes que emiten partículas directamente a la atmósfera son los procesos de combustión de las plantas de energía, plantas industriales, vehículos y también las actividades de construcción. Otros son formados por la emisión de gases a la atmósfera.

Daños en la capa de ozono

El gas de ozono está presente tanto en la superficie terrestre como en la estratosfera. En la superficie terrestre, el ozono es un contaminante que puede dañar a los seres humanos; sin

embargo, en la estratosfera, el ozono forma capas que nos protegen de los rayos ultravioleta. Sin embargo, el ozono ubicado en la estratosfera está siendo destruido progresivamente por químicos de origen antropogénicos categorizados como los clorofluorocarbonos, hidroclorofluorocarbonos y halones. Estos compuestos son usados en refrigerantes, extintores, solventes, pesticidas y aerosoles. Como consecuencia de reducir el grosor de la capa de ozono, estamos más propensos al cáncer de piel, cataratas y deterioro al sistema inmunológico. Los rayos UV también pueden dañar cultivos susceptibles.

Daño a cosechas y bosques

El daño causado a cosechas y bosques puede ser de diversas maneras. El ozono formado en la superficie terrestre puede reducir el rendimiento en cosechas y bosques comerciales, reducir el crecimiento y supervivencia de las plantaciones de árboles, incrementar la susceptibilidad a enfermedades, pestes y daños de causa ambiental por climas inadecuados. Los daños también pueden ser causados por lluvias ácidas y radiación UV.

Cambio climático global

La atmósfera de la tierra posee un balance de gases que retienen el calor del sol cerca de la superficie de la tierra.

Este “greenhouse effect” mantiene a la tierra con una temperatura estable, desafortunadamente, es evidente que los seres humanos han perturbado el balance natural al producir una gran cantidad de estos gases, incluyendo al dióxido de carbono y metano.

Como consecuencia, la atmósfera de la tierra está reteniendo más calor causando que la temperatura promedio se eleve, a este fenómeno se le conoce como el calentamiento global. Muchos científicos creen que el calentamiento global tiene un gran impacto en la salud humana, agricultura, fuentes de agua, bosques, la naturaleza y áreas costeras.

1.4. Marco Legal

1.4.1. Constitución Política del Perú

Según la Constitución Política del Perú todas las personas tienen derecho a gozar de un ambiente equilibrado y adecuado (Const., 1993, Art. 2).

1.4.2. Normas Ambientales

En la Ley Marco del Sistema Nacional de Gestión Ambiental se señala en uno de los principios de la Gestión Ambiental la articulación entre el crecimiento económico, el bienestar social y la protección ambiental para conseguir un Desarrollo Sostenible (Ley N° 28245, 2004).

Según lo mencionado en la Ley General del Ambiente, son las autoridades quienes deben tomar medidas que aseguren la conservación, mejoramiento y recuperación de la calidad del aire (Ley N° 28611, octubre 2005).

El Decreto Legislativo N° 1013 (mayo 2008), crea el Ministerio del Ambiente y en su artículo 7, literal a) le asigna la función de: “formular, aprobar, coordinar, supervisar, ejecutar y evaluar el Plan Nacional de Acción Ambiental y la Agenda Nacional de Acción Ambiental”.

Según los Lineamientos de la Política Nacional del Ambiente, que conforma la política general de gobierno en materia ambiental, se debe “Contar con parámetros de contaminación para el control y mantenimiento de la calidad del agua, aire y suelo, considerando el aporte de las fuentes fijas y móviles” (Política Nacional del Ambiente, 2009, p.28)

El Decreto Supremo N° 012-2009-MINAM (mayo 2009), aprueba la Política Nacional del Ambiente (*Ds_012-2009-Minam.Pdf*, n.d.)

Estándares de calidad para el aire se aplican obligatoriamente a los parámetros que caracterizan las emisiones, ya sea que estas procedan de actividades productivas, extractivas o de servicios (Reglamento de Estándares de Calidad Ambiental para Aire, 2017, Art. 2).

Decreto Supremo N° 003-2017-MINAM.(Ministerio del Ambiente, 2017)

Fundamentos de evaluación de Impacto Ambiental (Richards Jorge Jure Revisión apoyo técnico, Alzina Carlos López-Ocaña Editores, & Espinoza Virginia Alzina Presentación, 2001)

Centro de Estudios para el Desarrollo – CED (Espinoza, 2002)

1.5 Investigaciones

1.5.1. “Guías de calidad del aire de la OMS relativas al material particulado, el ozono, el dióxido de nitrógeno y el dióxido de azufre”. (2005)

La contaminación del aire es un problema que afecta a casi la totalidad de las ciudades del mundo en mayor o menor grado, la contaminación, llamada también polución es un conjunto de diferentes contaminantes sólidos, gases entre otros y son emitidos mayormente por la

industria y los motores a combustible, representando una grave amenaza para la salud en el mundo.

Las guías de calidad del aire de la OMS tienen por objeto ofrecer orientación sobre la manera de reducir los efectos de la contaminación del aire en la salud. Estas guías, publicadas por primera vez en 1987 y actualizadas en 1997, se basan en la evaluación por expertos de las pruebas científicas del momento. (OMS, 2005, p.5)

Dado que el nivel de contaminación ambiental viene asociado con los niveles económicos de la sociedad, los países más pobres son los que alcanzan el nivel más alto de polución, raíz de este hecho es que la OMS ha empezado a acumular las pruebas científicas y examinar las tremendas repercusiones que tiene para emitir las guías de la calidad del aire.

El resultado de dicha labor se presenta en este documento en forma de valores guía revisados para determinados contaminantes del aire, que son aplicables a todas las regiones de la OMS. Los niveles de contaminación determinados por la OMS como de riesgo para la salud humana son: para el MP2,5: 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, media anual; 25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, media de 24 horas para el PM10: 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, media anual 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, media de 24 horas.

Las guías de la OMS (2005) tienen “por objeto informar a los encargados de la formulación de políticas y proporcionar objetivos apropiados para una amplia variedad de opciones en materia de políticas en relación con la gestión de la calidad del aire en diferentes partes del mundo”.

Las micropartículas de PM10 producen enfermedades respiratorias como el asma, infecciones, enfermedad obstructiva crónica, otros y las de PM2.5 producen enfermedades cardiovasculares, además se han reportado también muchos casos de cáncer al pulmón. Un incremento de 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ de PM10 ocasiona un exceso de riesgo de muerte de 0.5%. En el año 2008 la estimación fue de 9,4 muertes por cada 100.000 habitantes atribuidas a la contaminación ambiental, De otro lado cabe indicar que existe una gran variabilidad de muertes de país a país, con más alto riesgo aparecen EUA, Canadá y Barbados, ocupando el tercer lugar los países de América Latina y el Caribe (WHO, 2009) .

1.5.2. “Problemas respiratorios y cáncer en vías aéreas asociados a la contaminación atmosférica: Una revisión del análisis del riesgo potencial en el Valle de Aburrá por Jhon F. Narváez, Erika Castrillón, Francisco J. Molina”. (2016)

Las afecciones respiratorias, abarcando el cáncer en las vías aéreas altas como es el caso del pulmón, han aumentado significativamente en las ciudades industrializadas, donde la emisión de contaminantes atmosféricos es muy elevada, estos contaminantes se encuentran mezclados en el aire, pudiendo ser estos gases; tales como óxido de nitrógeno, azufre, carbono; plomo y mercurio como metales pesados; material particulado, asociado a un grupo de contaminantes, llamados *HAPs* (Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos), siendo su composición de carbono e hidrógeno, razón por la cual reciben el nombre de “*hidrocarburos*”. El olor característico del benceno da cabida a que todos los compuestos derivados del anillo bencénico se nombren como “*aromáticos*”, como la mayoría de estos compuestos posean varios anillos les concede su carácter de “*Policíclicos*”, entre otros. El tiempo de permanencia de un contaminante en el aire es relativo y es llamado tiempo de residencia; y durante este tiempo originan molestias y riesgos a la salud humana y todo tipo de seres vivos. Según informes de la OMS (2015):

Se estima que más de 1 millón de personas mueren anualmente por cáncer de pulmón a esto se suma el hábito de fumar, del mismo modo que la predisposición genética. La contaminación atmosférica es un factor que influye de modo natural en el desarrollo del cáncer pulmonar, siendo la emisión de gases vehiculares una de las mayores fuentes de contaminación debido al incremento del parque automotor. Los autos arrojan contaminantes como material particulado (PM), óxidos de nitrógeno y contaminantes orgánicos que significan un alto riesgo para la salud.

La constitución de los HAPs, generalmente son anillos aromáticos condensados, siendo aquellos que representan más de cinco anillos los de mayor potencial tóxico y generalmente están asociados al material particulado debido a sus propiedades fisicoquímicas.

De otro lado estudios muestran que otro de los causantes del cáncer al pulmón es la combustión de biomasa usado para la calefacción; en el invierno de los años 2012-2013 en Grecia apareciendo tres tipos de material particulado, PM₁, PM_{2.5}, PM₁₀ siendo pues más tóxicas las partículas emitidas por la combustión de biomasa, que las emitidas por otro tipo de fuentes. Las partículas suspendidas en el aire se depositan en el Tracto Respiratorio Humano (TRH) y dependen del diámetro aerodinámico, las partículas gruesas de diámetro mayor a 2.5µm por ejemplo el PM₁₀, se depositan en el sistema respiratorio superior, las partículas finas de

diámetro mayor a $0.1 \mu\text{m}$ y menor a $2.5 \mu\text{m}$, se depositan en la región traqueo bronquial del tracto respiratorio humano, y las partículas ultrafinas de diámetro menor a $0.1 \mu\text{m}$ se depositan en la región alveolar de los pulmones. De acuerdo con algunos trabajos de investigación, se estima que la exposición humana al PM lleva a la distribución de los HAP en los alveolos (80%) y en la región traqueo bronquial (20%) (Sarigiannis, Karakitsios, Zikopoulos, Nikolaki, & Kermenidou, 2015).

La calidad pobre del aire hace que la morbilidad por consulta de afecciones respiratorias se haya incrementado en Colombia, en el 2013 los problemas respiratorios en el Valle del Arrubá fueron las principales causas de consulta, siendo más de 9.000 los pacientes atendidos, también es de conocimiento que la presencia de HAPs en las micropartículas, produce irritación en la vías respiratorias altas ocasionando enfermedades respiratorias. La exposición a contaminantes atmosféricos lleva indefectiblemente a casos inflamatorios acompañados con la morbilidad por problemas respiratorios encontrados en ciudades de alta contaminación atmosférica. Según la secretaria de movilidad de Medellín para el año 2011 se estimó que el número de vehículos en circulación sería de 1 181, 817, lo que ocasionaba una alta presencia de material particulado PM_{2.5}, reportándose además como promedio anual $20\mu\text{g}/\text{m}^3$ también se estimó que la presencia de material particulado por emisión de gas natural vehicular (GNV), combustibles diésel y gasolina representaron el 1.00%, 78.8% y 30.3% respectivamente. Los porcentajes permitieron hacer grandes campañas de promoción para el uso del GNV, debido a que las emisiones de material particulado eran menores.

En lo relacionado a los valores de contaminación reportados en el Valle del Arrubá, se encontraron valores picos de concentración de PM_{2.5} y PM₁₀ en el aire entre las 5:00horas-10:00horas. y 16:00horas -20:00horas como se muestra en la figura 26, y que corresponden a las horas de mayor afluencia vehicular, también vale mencionar la influencia de otros contaminantes, tales como polvo transportado por el viento, polen de las plantas, incendios forestales, erupciones volcánicas, o actividades antrópicas tales como actividades de construcción, procesos industriales, centrales eléctricas, actividades de construcción y otras.

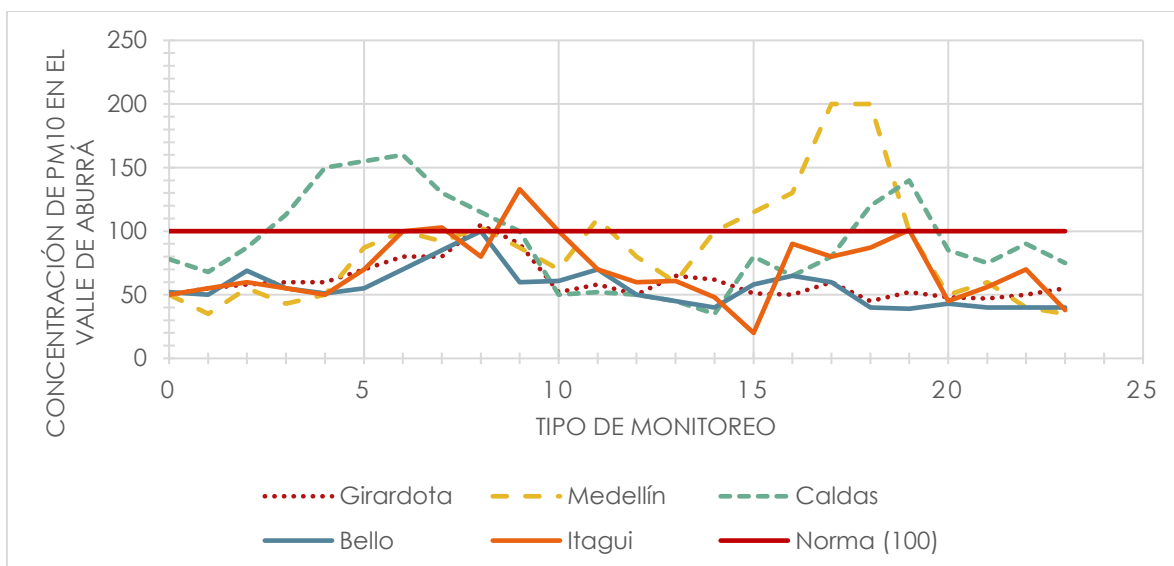


Figura 27. Medida del PM_{10} en un día en el área metropolitana

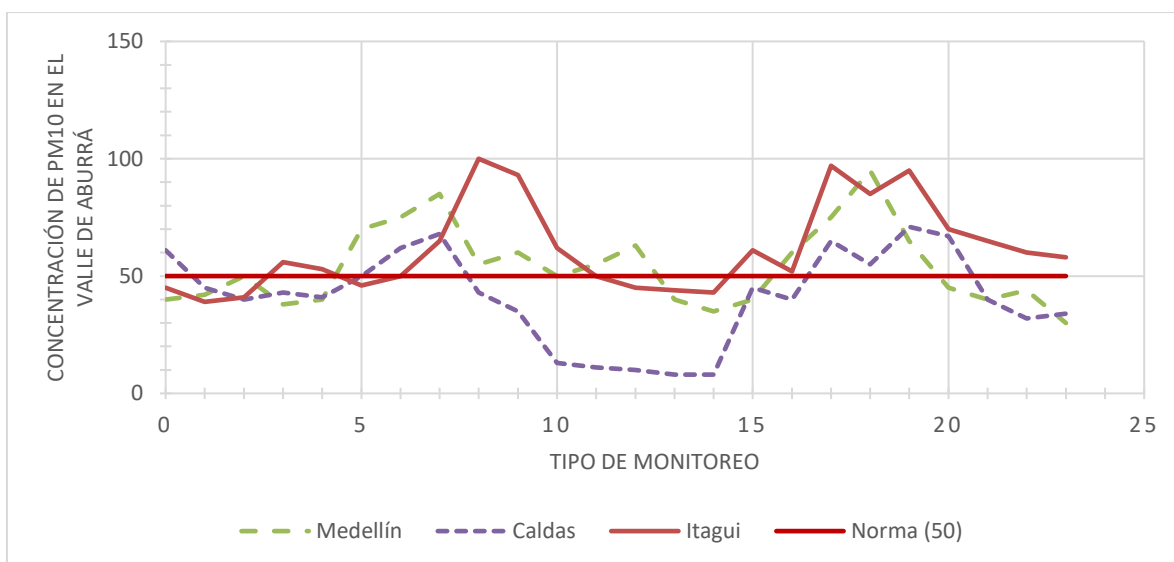


Figura 28. Medida del $PM_{2.5}$ en un día en el área metropolitana

En la Figura 27 y Figura 28 se muestra que para un mismo día los niveles de PM_{10} son elevados en las mismas horas que lo son para el $PM_{2.5}$.

La contaminación ambiental afecta significativamente a las vías respiratorias, generando cuadros clínicos que son traducidas en consultas en los centros hospitalarios, en lugares donde se han detectado altas dosis de contaminación ambiental particularmente por micropartículas de $PM_{2.5}$ y PM_{10} , la morbilidad está asociada fundamentalmente a las afecciones respiratorias, en la figura 29 se puede ver la tendencia creciente del número de habitantes con afecciones a las vías respiratorias altas y las proyecciones apuntan que el transcurrir de los años haga que

estas enfermedades sigan creciendo con el tiempo, proyecciones de la base de datos proporcionada por la Dirección Seccional de Salud de Antioquia (DSSA).

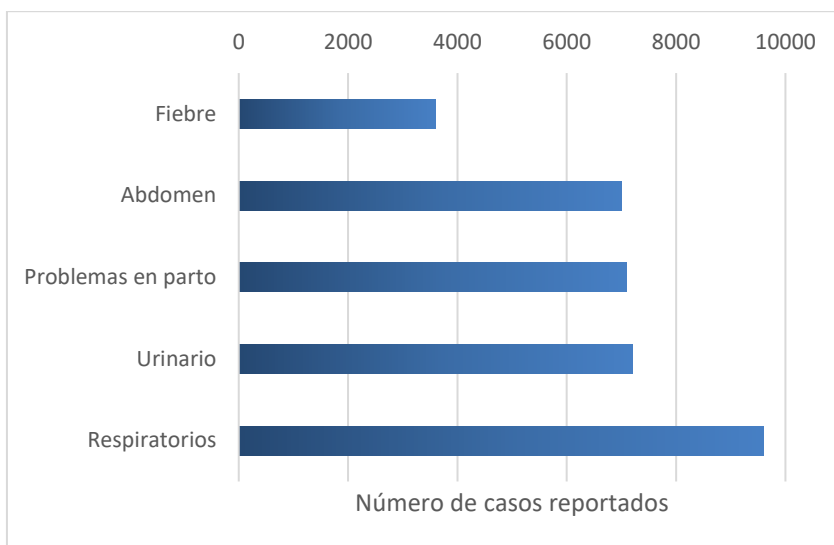


Figura 29. Morbilidad por hospitalización Valle de Aburrá – 2013

También se puede mencionar que de los datos analizados se puede observar que existe una tendencia creciente en los últimos 15 años del número de habitantes con cáncer a las vías respiratorias altas, pulmón, tráquea, bronquios, sin embargo las causas de esta enfermedad aún son motivo de estudio. y las proyecciones apuntan que el transcurrir de los años haga que estas enfermedades sigan creciendo con el tiempo.

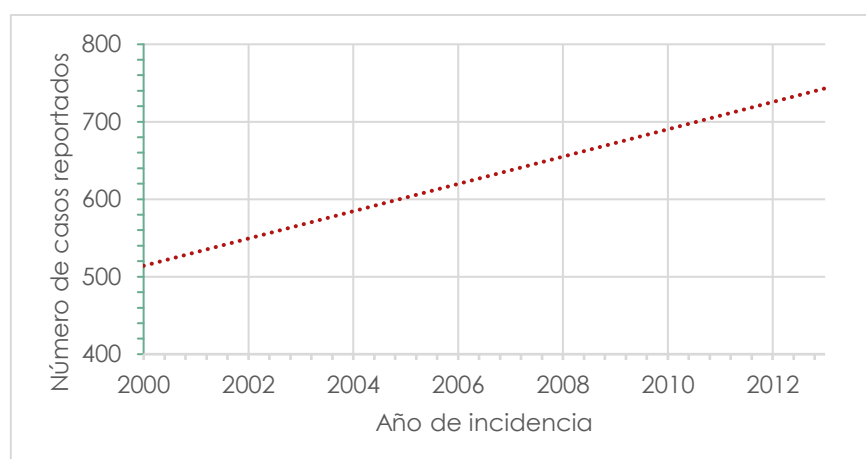


Figura 30. Incidencia de cáncer en las vías aéreas altas en los últimos 15 años en el VA.

De todo lo expuesto en el trabajo de investigación, se concluye que los pobladores del Valle de Aburrá en las horas indicadas sobrepasan los niveles permitidos por las normas vigentes de

dicho país y las de la OMS, y además se puede predecir que en el tiempo el cáncer de las vías respiratorias altas muestra un crecimiento preocupante.

1.5.3. “Contaminación aérea y sus efectos en la salud”, Manuel Oyarzún (2010)

El autor enfoca su posición que considera al antropocentrismo como una doctrina que en el plano de la teoría del conocimiento considera al valor humano como medida de todas las cosas y en el plano de la ética, hace defensa de los valores humanos más allá de la tecnología y el utilitarismo moderno, sin duda de modo implícito propone que el ambiente para el desarrollo humano sea saludable y donde el bienestar debe anteponerse a los problemas de polución ambiental.

La polución primaria, se produce directamente de las fuentes de polución (volcanes y de otros de origen natural) y los llamados secundarios a los originados por reacciones químicas y foto catalíticas como el caso del O₃ (ozono) y de los ácidos sulfúrico y nítrico (responsables de la lluvia ácida). En general, el problema de polución del aire se origina por la presencia de partículas que tienen un diámetro menor o igual a 10 µm (PM10) ya que tienen gran capacidad de introducirse en las vías respiratorias. En general, las partículas más pequeñas tienen un índice de afección pulmonar mayor. En el caso de las partículas de diámetro aerodinámico ≤ 2,5 µm, suelen ingresar con mucha facilidad a los terminales bronquiolos y a los alvéolos, desde donde pueden ser absorbidos por los macrófagos alveolares y penetrar la barrera alveolo capilar para luego ser difundido hacia otros órganos con el flujo sanguíneo.

Es relevante mencionar que el hallazgo de partículas “ultrafinas” de diámetro ≤ 0,1 µm, que presuntamente tendrían serios efectos sobre los alveolos y ser arrastradas vía el torrente sanguíneo. Estas partículas contienen compuestos orgánicos como los Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos (HAPs) e inorgánicos como sales y metales. (G.E. Morales S. & Leiva-Guzmán, 2005)

Sobre la presencia de micropartículas en el aire se han establecido límites máximos para proteger la salud. Pese a ello, como en el caso de Chile se ha encontrado que en algunas regiones y particularmente las poblaciones más densas, las normas son declarativas y no de cumplimiento forzoso. Si bien la propuesta de marcar límites es positivo se resalta en que en Chile se haya establecido tales criterios como los que se muestran en la Tabla 8.

Tabla 8 Valores promedio de polución permitida en el aire.

Contaminante	Promedio	Unidad	Tiempo de medición
Partículas (PM10)	150	$\mu\text{g}/\text{m}^3$ N**	Día
	50	$\mu\text{g}/\text{m}^3$ N	Año
Dióxido de azufre (SO ₂)	80	$\mu\text{g}/\text{m}^3$ N	Año
	250	$\mu\text{g}/\text{m}^3$ N	Día
Ozono (O ₃)	120	$\mu\text{g}/\text{m}^3$ N	Cada 8 horas
	60	ppb	
	30	$\mu\text{g}/\text{m}^3$ N	
Monóxido de carbono (CO)	26	Ppm	1 hora
	10	$\mu\text{g}/\text{m}^3$ N	8 horas
	9	Ppm	
Dióxido de Nitrógeno (NO ₂)	100	$\mu\text{g}/\text{m}^3$ N	Año
	400	$\mu\text{g}/\text{m}^3$ N	Por hora
Plomo (Pb)	0.5	$\mu\text{g}/\text{m}^3$ N	Año

Referencia: *DS 59/1998 y DS 136/2000. Chile

“Diversos modelos experimentales tales como (exposición a contaminantes de células, tejidos, animales y voluntarios) y epidemiológicos (escenarios de contaminación, comparación de poblaciones expuestas versus no expuestas, sanos versus enfermos y metaanálisis) fueron analizados para explicar los efectos de dichos contaminantes sobre la salud”. (Oyarzún, 2010, p.18).

En la figura 30 se muestra la respuesta biológica del organismo debido a los contaminantes del medio ambiente.



Figura 31. Espectro de la respuesta biológica a los contaminantes

Las consecuencias adversas de los elementos contaminantes en el sistema respiratorio, depende de muchos factores entre ellos el nivel de concentración y el tiempo de duración a la exposición; también es importante mencionar el nivel de sensibilidad de las personas expuestas. La dosis efectivamente recibida por la población depende de la ventilación minuto y satisface la siguiente formula:

$$\text{Dosis efectiva de exposición} = (\text{Concentración}) \times (\text{Tiempo de exposición}) \times (\text{ventilación minuto})$$

Un hecho que es importante mencionar es que los infantes y los ancianos son particularmente dispuestos y frágiles a los elementos causantes de la contaminación; en la Tabla 9 se describe en detalle el nivel de susceptibilidad, por parte de los dos grupos más vulnerables.

Tabla 9 *Causas que explican la mayor susceptibilidad del sistema respiratorio a los contaminantes atmosféricos en la niñez y la ancianidad*

Niñez	Ancianidad
Efecto de tos menor afecta al desarrollo de la musculatura respiratoria	Pérdida de la fuerza de los músculos inspiratorios y menor existencia de la tos.
En casos de enfermos, a mayor frecuencia respiratoria en reposo se incrementa la absorción de contaminantes	Rigidez de los músculos del tórax
La disminución del oxígeno por ausencia de ventilación colateral agrava la obstrucción de vías periféricas	Disminución de la respuesta respiratoria a males por falta de oxígeno.
Mayor resistencia de las vías aéreas periféricas genera el 50% de la resistencia total al flujo aéreo	Decrecimiento de la percepción de obstrucción bronquial
Menor volumen pulmonar y menor superficie alveolar	Disminución de la superficie alveolar
Sistema de defensa pulmonar precario y mayor dificultad en la eliminación de partículas por el sistema respiratorio.	Propensión a las infecciones nasales y bronquiales
Mayor exposición a contaminantes atmosféricos, por mayor exposición al aire libre.	

De otro lado los principales contaminantes aéreos asociados a efectos específicos sobre el sistema respiratorio, presentado por el autor se muestra en la Tabla 10

Tabla 10 Consecuencias desfavorables de los contaminantes aéreos sobre el sistema respiratorio

Contaminante	Consecuencia a corto plazo	Consecuencia a largo plazo
Material particulado “respirable” (PM₁₀) y fino (PM_{2.5})	Aumento de morbilidad respiratoria Disminución en la función pulmonar Disminución de la capacidad de defensa nasal y pulmonar: fagocitosis y pérdida de la capacidad mucociliar	Menor desarrollo de la estructura mucociliar y disminución de la función del sistema respiratorio
Particulado (PM_{0.1}) ultrafino	Incremento de respuesta inflamatoria respecto al PM ₁₀ y PM _{2.5} Penetración rápida al flujo sanguíneo y otros órganos	
Ozono (O₃)	Caída de frecuencia respiratoria y pérdida de CVF y VEF ₁ Alveolitis neutrofílica, aumento de absorción y estrechamiento bronquial Cambio del epitelio alveolar (células tipo II)	Deterioro de células epiteliales, “bronquiolización” alveolar Reducción del desarrollo de CVF y VEF ₁
Dióxido de azufre (SO₂)	Congestión bronquial Secreción excesiva bronquial	Bronquitis crónica
Dióxido de Nitrógeno (NO₂)	Secreción excesiva bronquial Incremento de síntomas respiratorios y exaltación de asma Crece la respuesta a la provocación con alérgenos Debilitamiento de la actividad mucociliar	Probable decremento del desarrollo pulmonar
Monóxido de carbono (CO)	Reducción en la capacidad de ejercicio	
Plomo (Pb)	Variación del epitelio bronquiolar	

CVF: Capacidad Vital Forzada; VEF₁ : Volumen Espiratorio Forzado en el primer segundo; HAPs: Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos.

“En relación con el PM_{2.5} múltiples estudios locales han hallado que incrementos del nivel de concentración del PM_{2.5} por encima de 70 µg/m³ ocasiona un incremento de consultas por neumonías infantiles. Un nivel de 63 µg/m³ N.es la propuesta como norma diaria para el PM_{2.5} para el año 2012 (Resolución N° 4624 de CONAMA del 10.08.2009). Del mismo modo Por otra parte, un crecimiento de 10 µg/m³ en el promedio diario de PM_{2.5} origina un aumento del 5% del riesgo de síndrome bronquial obstructivo”.

Investigaciones varias han evidenciado la conexión entre los contaminantes atmosféricos y el aumento de atenciones en emergencias por Crisis Aguda de Asma Bronquial (CAAB) y otras

afecciones respiratorias. Estudios epidemiológicos demuestran con certeza que exposiciones a diversos contaminantes, originan asma severas ocasionando daño pulmonar, en niños y adolescentes. La conexión entre el PM_{10} y sus efectos nefastos a la salud son mostrados en estudios como el de (Romero-Placeres et al., 2004)

El estudio fue realizado en menores de edad que concurrieron al servicio de urgencias de los dos hospitales y residían en Centro Habana y Cerro durante el estudio. Ambos municipios son urbanos, con un parque automotor elevado y con muchas industrias dispuestas a lo largo de su territorio; la topografía es llana, con edificios altos, y forman la región con mayor población de la urbe (48 500 hab/km² o 170 000 habitantes en 3.5 km², siendo el 18.1% menores de 15 años). (Romero-Placeres et al., 2004)

La información del estudio fué obtenida a partir de los registros de los que asistieron al servicio de urgencias de los dos hospitales mencionados y cuyo domicilio se encontraba a menos de 5 km del monitor de aire. La información de trabajo fue; fecha, patrón de consulta (primera vez o posterior), edad, vivienda, zona de residencia y resultados de consulta, siendo estos clasificados en conformidad con la décima revisión de la Clasificación Estadística Internacional de Enfermedades y Problemas Relacionados con la salud (CIE-10). Los diagnósticos incorporados fueron **IRA** (Infecciones respiratorias Agudas), **CAAB** (Crisis Aguda de Asma Bronquial) y **ERA** (Enfermedades Respiratorias Agudas); IRA son, las infecciones agudas de las vías respiratorias superiores; CAAB se incluyeron el asma bronquial y el estado asmático; el conjunto de las ERA fué la suma de las IRA y las CAAB. Las concentraciones por día de los contaminantes que fueron estudiados (PM_{10} , SO_2 y humo, llamado black smoke en otros estudios), provocados por las industrias y el tráfico vehicular, fueron recogidos de la estación de monitoreo ambiental del Instituto Nacional de Higiene, Epidemiología y Microbiología (INHEM); los valores por día de dichas concentraciones se consignaron en ($\mu g/m^3$), los niveles de humo son correlacionados positivamente con contenidos de carbón elemental presentes en las partículas finas y se enlazan con la emisión procedente de los vehículos diésel. Para el control de calidad de las muestras se utilizó las técnicas estandarizadas del Global Environmental Monitoring Program (GEM). Las variables meteorológicas, temperatura (°C), porcentaje diario de humedad relativa (máxima, mínima y media), fueron proporcionados por el Instituto de Meteorología de Cuba. Y fueron de las mismas fechas en que se realizaron las consultas por CAAB, IRA y ERA.

En el periodo que duró el estudio se realizaron 44 029 consultas de menores de 14 años por CAAB, en los servicios de urgencias de los dos hospitales. El Hospital Pediátrico de Centro Habana atendió a 29 805 pacientes (67.7%), y el Hospital Pediátrico del Cerro, a 14 224 (32.3%). Los afectados por IRA, fueron 99 441 consultas: en el Hospital Pediátrico de Centro Habana se atendió a 65 489 pacientes (65.9%), y en el Hospital Pediátrico del Cerro, a 33 952 (34.1%). Las estadísticas descriptivas de las visitas de emergencia por ERA se resumen en la Tabla 11

Tabla 11 Recuento descriptivo de las visitas a urgencias por enfermedades respiratorias agudas. La Habana, Cuba, octubre de 1996 a marzo de 1998

Consultas	Total, de consultas	Promedio	Desviación estándar	Rango	Mediana
ERA	143 470	34.03	25.69	2 - 166	27
CAAB	44 029	10.44	8.98	1 -61	8
IRA	99 441	23.60	18.70	1 -121	19

ERA: Enfermedades Respiratorias Agudas:

CAAB: Crisis Aguda de Asma Bronquial

IRA: Infecciones Respiratorias Agudas

Fuente: Registros de datos de los departamentos de estadística del Hospital Pediátrico de Centro Habana y del Hospital Pediátrico del Cerro. La Habana, Cuba

Tabla 12 Recuento descriptivo de los contaminantes atmosféricos, las variables meteorológicas y las visitas a urgencias por enfermedades respiratorias agudas en la habana

Polución atmosférica y variables meteorológicas	Promedio	Desviación estándar	Rango	Mediana	Niveles máximos permisibles en Cuba
PM ₁₀ (µg/m ³)* promedio 1 día	59.2	29.2	7.6-201.9	53.8	150
Humo (µg/m ³)* promedio 1 día	27.7	21.2	2.4-204.2	22.7	50
Dióxido de azufre (µg/m ³)* promedio 1 día	21.1	20.2	1.6-365.9	18.0	50
Temperatura media (°C) promedio 1 día	24.8	2.48	15.4-29.4	25.1	
Humedad relativa máxima (%) promedio 1 día	90.9	6.36	63-100	92.0	

**Datos del laboratorio de contaminación del aire, Instituto Nacional de Higiene, Epidemiología y Microbiología, Cuba*

& Registro de datos de la estación meteorológica de Casablanca, Instituto de Meteorología, Cuba

La Tabla 12 resume los recuentos descriptivos de los contaminantes en la atmosfera y las variables meteorológicas de la zona estudiada, La Habana, Cuba, octubre 1996 -marzo 1998, En los estudios realizados, un hecho que vale señalar es la presencia de hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAPs), como constituyentes de la micropartículas, vale mencionar el PM₁₀., estos compuestos se generan por el mal funcionamiento de las máquinas de combustión, en la fracción orgánica del material particulado de ciudades con elevados niveles de contaminación se han reconocido varios grupos de HAPs; siendo seis de ellos clasificados

como cancerígenos por la International Agency of Research on Cancer, se ha estudiado que el benzo α -pireno como el HAP más cancerígeno, presente en el humo del cigarrillo y en el smog de ciudades con alta contaminación incluyendo a Santiago. Estos HAPs reaccionan con el NO₂ originando nitroarenos de gran actividad mutagénica, un mutageno es un agente físico, químico o biológico que modifica o varía la información genética de un organismo; cambiar el ADN, si hay un aumento de mutaciones, por encima de los niveles naturales se origina el cáncer.

“Un estudio temprano de mortalidad sobre un total de 1,2 millones de estadounidenses monitoreados durante 16 años (1982- 98) mostró que un incremento de PM_{2,5} en 10 μ g/ m³ intensificó el riesgo de mortalidad por cáncer pulmonar de aproximadamente 8%, de 4% de mortalidad global y de 6% de mortalidad cardiopulmonar.”(Pope et al., 2002)

El compendio de los estudios hasta ahora realizados, evidencian de que los contaminantes atmosféricos son responsables de contribuir al aumento de la mortalidad de manera general, llámese infantil, mayores de 65 años y de una gran cantidad hospitalizaciones por enfermedades respiratorias y cardíacas, todos ellos, sin duda son efectos no deseados y nocivos para la salud de la población expuesta a la polución ambiental, de allí la importancia de lograr controlarla y de ser necesario combatirla.

1.5.4. “Efectos de la contaminación atmosférica sobre la salud de adultos que laboran en diferentes niveles de exposición por A. Muñoz, J. Paz y C. Quiroz”. (2017)

La presente investigación tiene como meta la evaluación de la desigualdad en las condiciones de salubridad entre distintos grupos de trabajadores muy expuestos, poco expuesto y para nada expuestos a la contaminación ambiental en el valle de Arrubá

La polución del aire es un riesgo el cual amenaza a la salud con índole aguda, acumulativa y crónica. Es capaz de provocar o empeorar enfermedades cardíacas y respiratorias. Esta afecta en mayor medida a personas con enfermedades crónicas, mujeres gestantes, adultos mayores e infantes, asimismo es un riesgo para trabajadores que constantemente se exponen a la polución y personas que laboran en la intemperie y habitan lugares precarios. (Muñoz, Paz, & Quiroz, 2007)

La OMS indica que 12,6 millones de personas fallecen anualmente debido a riesgos ambientales, conocido es que la polución es mundial, los impactos son muy grandes en los países en desarrollo, el 95% de niños y adultos viven en países de bajo ingreso económico y son los más vulnerables.

El costo de la contaminación que se asocia con la muerte temprana y la morbilidad es aproximadamente del 5% al 14% del PBI de los países como Argentina, Bolivia, Brasil, Colombia, Perú, entre otros. Los costos se deben a la polución del aire en lugares cerrados y abiertos, el plomo, la contaminación sonora, y la falta de suministro de agua y limpieza.

El Banco Mundial colabora con las naciones en vías de desarrollo con el propósito de disminuir la contaminación, gestionar de manera eficaz los desechos, aumentar la calidad del aire y agua, la fomentación del desarrollo sostenible para una mejor calidad de vida y mayores oportunidades económicas.(Banco Mundial, 2018)

En el Área Metropolitana del Valle de Aburrá se conoce el índole y valor de la contaminación por material particulado desde 1975; sin embargo, la información no está cuantificada, respecto a los efectos sobre la salud humana. No hay conocimiento aún de la correlación entre las manifestaciones de las enfermedades respiratorias en las personas que están expuestas a la contaminación y el nivel de los diferentes contaminantes, pese a algunos estudios como el realizado por Restrepo Arango .et al (2016). Aún no se cuenta con un modelo que se ajuste a las características de la zona, que nos permita predecir el riesgo de padecer de enfermedades respiratorias o cardiovascular, con el fin de precaver los efectos de la polución. Las carencias mencionadas en líneas anteriores hicieron que la meta global de esta investigación estuviese focalizada en realizar un estudio de la relación existente entre la polución atmosférica y sus consecuencias en la salud de los pobladores del área metropolitana del Valle de Aburrá, parte de la tarea consistió en buscar personas sensibles a la contaminación ambiental, por ejemplo que sufriesen de enfermedades pulmonares y cardíacas, en la totalidad de los municipios metropolitanos, haciendo que se diese la condición de la diferencia de las concentraciones de los contaminantes, del mismo modo se tomaron en cuenta aspectos sociales y demográficos de cada población para saber los impactos por circunstancias ambientales.

El estudio consistió en un análisis transversal de asociación que consistía en examinar a poblaciones en un lugar común en el tiempo relacionadas con las variables de estudio; la contaminación ambiental y el estado de salud de las personas. El primer estudio estaba relacionado con el material particulado PM10, y otros contaminantes tales como, monóxido de carbono (CO), óxidos de azufre (SO_x) y óxidos de nitrógeno (NO_x), el segundo estudio estuvo relacionado con las espirometrías, la espirometría es un procedimiento médico usado para evaluar la función pulmonar en la persona con enfermedades respiratorias, estos procedimientos fueron realizados en los municipios del Valle de Aburrá y otros municipios. El

estudio fue realizado con los comerciantes, obreros de un taller de mecánica y otros empleos en los municipios del Valle, con más de un año de trabajo consecutivo en el lugar donde se realizó la encuesta, utilizado como instrumento para determinar el nivel de influencia de la contaminación ambiental en las enfermedades respiratorias y cardiovasculares. Para realizar la espirometría se utilizó un espirómetro (espiroanalizer ST 95), manejadas por médicos especialistas.

A raíz de estos estudios, el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial expidió la resolución N.º 601 del 4 de abril de 2006, que establece la norma de calidad del aire para el territorio nacional bajo condiciones atmosféricas de 25 °C y 1 atm. de presión. En un artículo se informan los niveles máximos permitidos para los agentes de polución. Colombia estableció su norma en 65 µg/m³, en contraste de las otras naciones que han establecido su norma en 50 µg/m³, en la Tabla 9 se muestran los criterios máximos permisibles recomendados por los entes reguladores de cada país y la recomendada por la OMS

Tabla 9. Límites permisibles de los agentes de polución según la Resolución 601 del 2006

Agente	Medida	Concentración límite	Tiempo
PST	µg/m ³	100	1 año
		300	1 día
PM ₁₀	µg/m ³	70	1 año
		150	1 día
SO ₂	PPM	0.031	1 año
		0.096	1 día
		0.287	3 horas
NO ₂	PPM	0.053	1 año
		0.08	1 día
		0.106	1 hora
O ₃	PPM	8.8	8 horas
		3.5	1 hora

En la Figura 32 se aprecia que la Universidad Nacional 3, Itagüí, Miguel de Aguinaga, Politécnico y Guayabal tienen las concentraciones más grandes de polución, debido a Partículas Suspendidas Totales (PST), superando largamente los niveles permitidos y tolerados por las entidades regionales de cada país y la OMS.

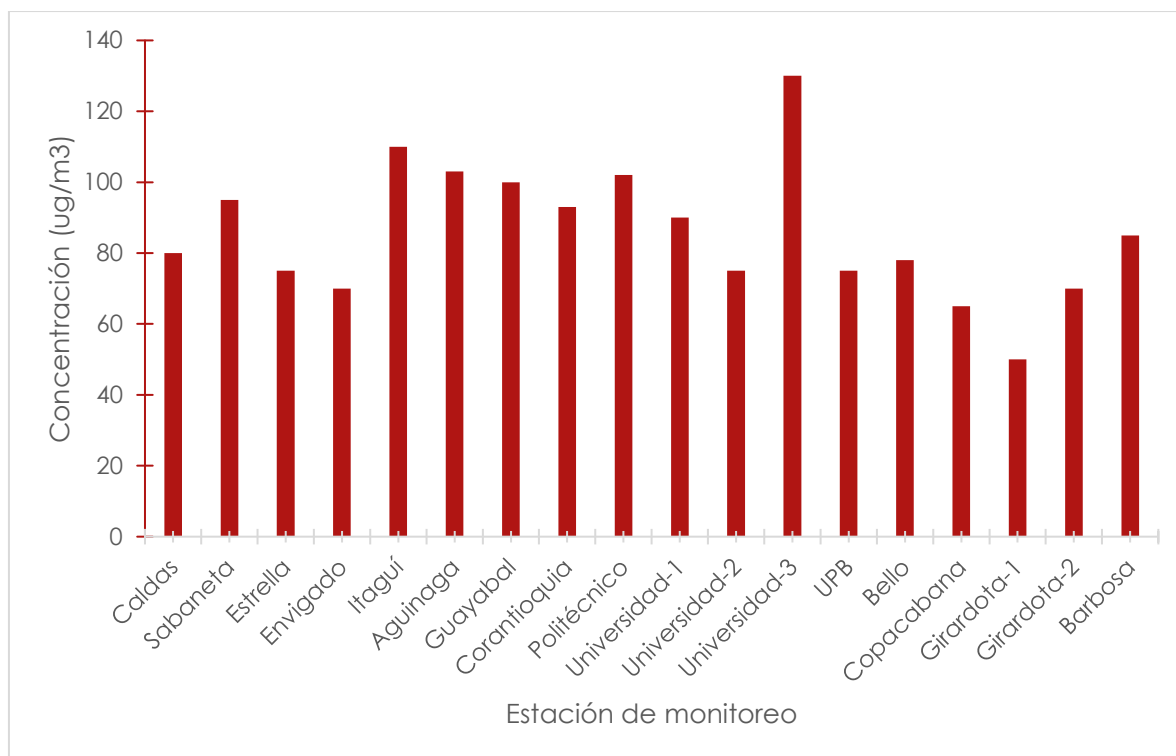


Figura 32. Concentración media de PST ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) en la metrópolis, 2000-2005

La Tabla 10 muestra el resultado de 628 personas que han sido encuestadas, 352 corresponden al grupo de personas expuestas ($60 \mu\text{g}/\text{m}^3$) y 276 al grupo de personas las que no han sido expuestas ($30 \mu\text{g}/\text{m}^3$), en el primer caso las edades promedio van de 45 a 38 años y en el segundo caso de 42 a 39 años. En general los resultados indican que no hay distinciones entre las variables tomadas tales como edad, peso, talla para las dos poblaciones expuestas.

Tabla 10 Características elementales de las personas según exposición al material particulado y sexo

Parámetro	$60 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (n=352)		$30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (n=276)	
	Varones	Féminas	Varones	Féminas
n (%)	63.1	36.9	56.9	43.1
Longevidad (años)	44.7	37.7	41.6	39.3
Masa (kg)	70.9	62.2	70.5	62.6
Altura (cm.)	167.1	157.3	168.4	156.2

En la Tabla 11, tomando la misma cantidad de personas encuestadas se muestra la influencia del material particulado PM_{10} el nivel de afecciones neuropsicológicas entre el grupo de personas más expuestas (352) y el grupo de los menos expuestos. (276), podemos apreciar que las personas más afectadas en sus funciones neuropsicológicas son las que están sometidas a

mayor nivel de exposición, los valores que aparecen corresponden a una escala ponderada entre (0-5).

Tabla 11 Signos neuropsicológicos en personas más expuestas ($60 \mu\text{g}/\text{m}^3$) y menos expuestas ($30 \mu\text{g}/\text{m}^3$)

Parámetro	($60 \mu\text{g}/\text{m}^3$)	($30 \mu\text{g}/\text{m}^3$)
Agotamiento	4.59	3.02
Depresión	2.43	1.63
Desespero	3.51	2.36
Aburrimiento	3.27	2.41
Irritación	4.63	3.41
Angustia	3.77	2.5
Tristeza	3.18	2.49
Nerviosismo	3.13	2.64
Rabia	4.33	3.5
Pesimismo	1.99	1.75

En la Figura 33 se observa la concentración promedio por material particulado PM_{10} comprendido entre los años 2000 y 2005, las estaciones corresponden a las existentes en la ciudad de Medellín. La Norma Ambiental traducida en la Resolución 601 del año 2006, establece para el PM_{10} una concentración de $70 \mu\text{g}/\text{m}^3$; se evidencia entonces que no se superan la norma para Colombia; pero sin duda está por encima de la que establece la OMS que es de $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

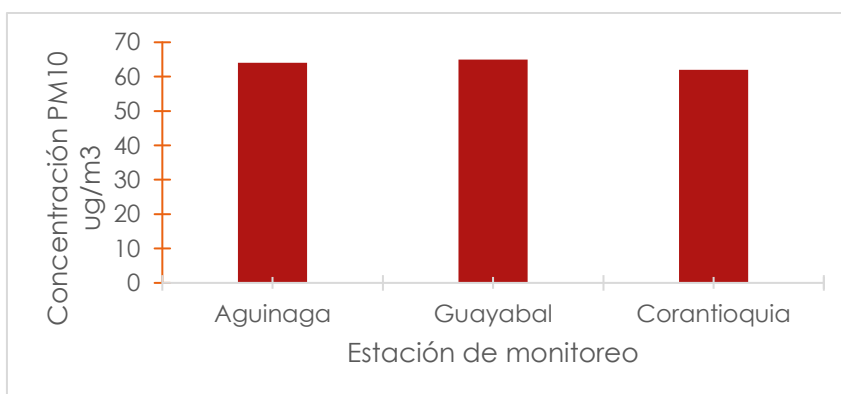


Figura 33. Concentraciones promedio de PM_{10} ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) en el área metropolitana, 2000-2005

En la figura 34, se observan los síntomas orgánicos, que presentan las personas más expuestas al material particulado PM_{10} , y la frecuencia de la manifestación de los síntomas de las enfermedades respiratorias.

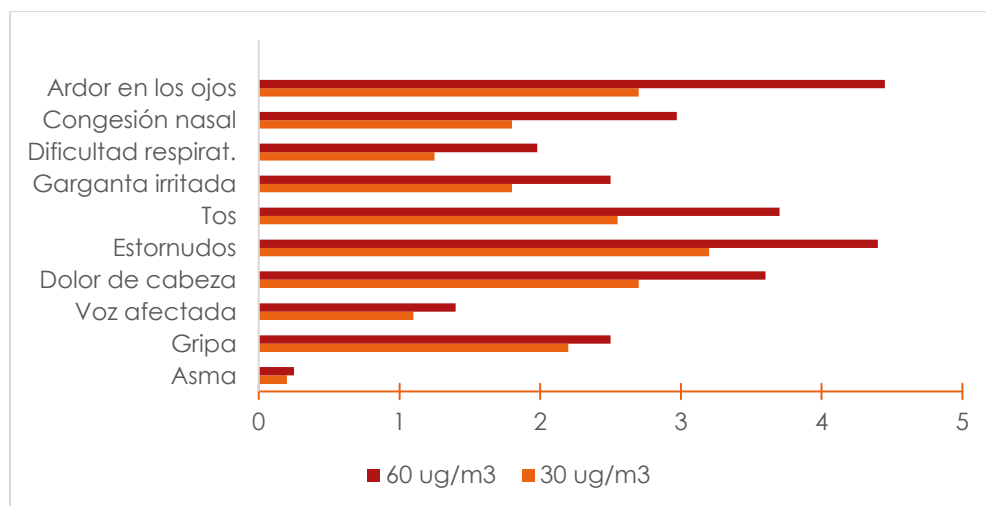


Figura 34. Síntomas en las personas con mayor exposición (60 µg/m³) y menor exposición (30 µg/m³) a micropartículas PM₁₀

1.6. Marco Conceptual

Las palabras o frases que a continuación se listan, son los que iremos mencionando a lo largo del desarrollo de la tesis.

- Afecciones respiratorias. – Son las enfermedades que afectan a los pulmones y otras partes del sistema respiratorio.
- Agentes contaminantes del aire. – Sustancias presentes en el aire y que tienen efectos negativos en la salud y en el medio ambiente.
- Asma - Es una enfermedad que se caracteriza por una respiración difícil, tos, dificultad para respirar y ruidos sibilantes en el pecho.
- Carga ambiental. - Capacidad que posee un medio para tolerar una alteración o contaminación sin sufrir una alteración grave.
- Crisis Aguda de Asma Bronquial (CAAB).
- Monóxido de carbono (CO). - Es un gas tóxico, inodoro, incoloro e insípido, resultado de la oxidación incompleta del carbono durante el proceso de combustión.
- Dióxido de Carbono (CO₂). - Gas incoloro, denso y poco reactivo, forma parte de la composición de la tropósfera (capa de la atmósfera más próxima a la Tierra) actualmente en una proporción de 350 ppm (partes por millón), producida en los procesos de descomposición de materia orgánica, fermentación de azúcares y en la combustión de distintos materiales.
- Disnea. - Dificultad respiratoria o falta de aire., es una sensación subjetiva y por lo cual de difícil definición.

- Enfermedades Respiratorias Agudas (ERA). -Según la Organización Mundial de la Salud, se define como un conjunto de enfermedades que afectan el sistema respiratorio y que constituyen la causa más frecuente de morbilidad y mortalidad en infantes menores de 5 años en todo el mundo por Infección Respiratoria Aguda, otro grupo vulnerable lo constituyen las personas de la tercera edad.
- Enfermedad Pulmonar Obstructiva Crónica (EPOC). - llamada también bronquitis crónica.
- Enfermedades Respiratorias. - Enfermedad que afecta principalmente a los pulmones y otras partes del aparato respiratorio.
- Faringitis. – Es la inflamación de la faringe o garganta provocados por virus que originan la gripe, también pueden originarse por alergias al polvo o al polen y otros elementos irritantes que se encuentran en el aire contaminado.
- Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos (HAPs). - Los Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos, comúnmente conocidos por sus siglas HAP, se caracterizan por estar formado por átomos de carbono e hidrogeno agrupados en anillos que contienen cinco o seis átomos de carbono, aparecen de forma natural en el petróleo, el carbón, depósitos de alquitrán, como productos de la utilización de combustibles, ya sean fósiles o biomasa
- Infecciones Respiratorias Agudas (IRA.). -son un grupo de enfermedades que se generan en el aparato respiratorio, causadas por microorganismos como micropartículas PM10, virus y bacterias
- Instituto Nacional de Estadística (INEI). – Órgano rector de los Sistemas Nacionales de Estadística e Informática, norma, planea, evalúa y supervisa las actividades estadísticas e informáticas oficiales del país,
- Marco legal. - Conjunto de Normas Legales tales como leyes, Decretos Supremos, Decretos Legislativos orientados a elaborar los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) y de indicar los Límites Máximos Permisibles para cada contaminante atmosférico.
- Material particulado PM10.- Se denomina PM10(del inglés Particulate Matter) a pequeñas partículas respirables cuyo diámetro aerodinámico es menor que 10 micrómetros.
- Material Particulado PM2.5.- Se denomina PM2.5 al material particulado respirable de diámetro aerodinámico menor o igual a 2,5 micrómetros.
- Mortalidad y morbilidad humanas. – La mortalidad, además de la cualidad de mortal, es el número de defunciones en una población durante un periodo determinado, y la morbilidad es el número de personas que enferma en un periodo determinado.

- Ozono (O₃). - Sustancia cuya molécula está compuesta por tres átomos de oxígeno, se forma al disociarse los dos átomos que componen al oxígeno (O₂), y luego cada uno de ellos se une a otra molécula de oxígeno (O₂).
- Organización Mundial de la Salud (OMS). - La OMS (en inglés World Health Organization WHO) es el organismo de la Organización de las Naciones Unidas (ONU) especializado en gestionar políticas de prevención, promoción e intervención en salud a nivel mundial.
- Partículas finas. - Son aquellas cuyo diámetro aerodinámico son menores a 1 micra (µm),
- Partículas gruesas. - Son aquellas cuyo diámetro aerodinámico son mayores a 1 micra (µm), estas partículas son producidas por erosión, combustión incompleta, triturado de materiales etc.
- Polución o Contaminación. -Es la variación negativa del estado natural de un medio con la introducción de sustancias y desechos. La polución del aire se da por la presencia de una mezcla de partículas sólidas y gases en el aire.
- Rinitis. - Enfermedad inflamatoria crónica que afecta a la mucosa nasal.
- SENANHI. -Organismo público ejecutor, adscrito al Ministerio del Ambiente, tiene como finalidad generar y proporcionar información y conocimiento meteorológico, hidrológico, y climático de manera confiable, oportuna y accesible en beneficio de la sociedad peruana.
- Sibilancia. - Es un sonido silbante y chillón durante la respiración
- µg/m³.- Unidades de referencia de los contaminantes del aire. (microgramos por metro cúbico)
- UNICEF. –Fondo de las Naciones Unidas para la infancia, en inglés United Nations Children’s Fund, tiene como objetivo promover la defensa de los derechos de los niños del tercer mundo, suplir sus necesidades básicas y apoyar a su desarrollo.

CAPÍTULO II

EL PROBLEMA, OBJETIVOS, HIPOTESIS Y VARIABLES

2.1. Planteamiento del Problema

2.1.1. Descripción de la realidad problemática

Realidad Problemática Global

Según la Organización Mundial de la Salud (OMS), el material particulado en suspensión en el aire y sus efectos en la salud pública pone de manifiesto que las exposiciones que actualmente experimentan varios millones de personas en todo el mundo tanto de los países desarrollados como en vías de desarrollo ponen de manifiesto que muchos de dichos habitantes sufren un abanico de enfermedades; pero los más evidentes se traducen en problemas respiratorios y cardiovasculares; por ejemplo cerca de 500 millones sufren de rinitis, y unos 300 millones tienen asma, y estas enfermedades afectan significativamente la calidad de vida del paciente y ambiente familiar, con un impacto negativo en la sociedad.

“La evaluación cuantitativa del riesgo ofrece un procedimiento para comparar situaciones hipotéticas alternativas de control y estimar el riesgo residual asociado con un valor guía. Tanto la Agencia para la Protección del Medio Ambiente de los EE.UU. como la Comisión Europea han utilizado recientemente este procedimiento para revisar sus normas de calidad del aire para el Material Particulado en Suspensión”(OMS, 2005b). Estas guías o límites de concentración de PM_{2.5} y PM₁₀ tanto anual como diario se especifican páginas atrás en la figura 12

El impacto sobre la salud debido al Material Particulado está asociado a muchos factores entre ellos al tamaño de las partículas en suspensión, ya que las capacidades de penetración de estas a través de las vías respiratorias aumentan significativamente al disminuir su tamaño. Cualquier situación meteorológica que aumenta la dispersión, supone reducción de niveles de PM, mientras cualquier situación meteorológica que dificulte la dispersión hará, la capacidad dispersiva de un determinado punto es su orografía, ya que las barreras físicas tales como montañas, cordilleras dificultan la dispersión, así como, por ejemplo, los valles canalizan las masas de aire.

La PM₁₀ de acuerdo a informes existentes se aloja en la región extra- torácica, las partículas cuyos diámetros oscilan entre las PM₁₀ y PM_{2.5} se alojan en la zona traqueobronquial, y las PM_{2.5} o las de menor diámetro a estas tienen una facilidad de atravesar los alveolos pulmonares y llegar al torrente sanguíneo.

El problema principal de la contaminación ambiental es generado por los países industrializados donde recae sin duda la responsabilidad de ocasionar cerca de 2 millones de muertes al año.

La contaminación del aire por material particulado y otros contaminantes es la alteración de la calidad del aire causada por la emisión de sustancias químicas o sustancias liberadas de manera natural o producidas por el hombre en sus actividades cotidianas. Entre ellas están las más notorias son las partículas (PM) con un diámetro de menos de 10µm (PM 10), que son potenciales partículas inhalables (en la respiración normal de aire en humanos) y otras más finas con un diámetro inferior a 2,5µm (PM 2,5) y partículas ultrafinas (UFPs) que son más pequeñas que 0,1µm.

En México, la Norma Oficial Mexicana (NOM) NOM-025-SSA1-2014 establece los valores límite admisibles para las concentraciones de PM₁₀ y PM_{2.5} que son partículas en suspensión en el medio ambiente, y que son, para partículas menores de 10µm (PM₁₀) y 2,5µm (PM_{2.5}), y que deben tener un límite medio en un periodo de 24h de 50µm/m³ y 25 µm/m³ respectivamente, según lo indicado por la OMS.

Las Partículas en Suspensión se producen a partir de varias fuentes, las que mayormente inciden en la producción de estas partículas son por ejemplo el tráfico de vehículos con motores antiguos mayores a 10 años, la combustión de carbono, gas, diésel y otros tipos de combustibles. Las emisiones secundarias del diésel representan la mayoría de las partículas del espacio urbano.

El tamaño de la partícula, su superficie y su composición química determina el riesgo que representa en un paciente que está expuesto a ella con cierta frecuencia, de acuerdo con sus tamaños, los Materiales Particulados pueden acceder fácilmente a las vías respiratorias, ingresando a los alvéolos y causando así daños directos como la irritación o provocando estrés oxidativo mediante la activación de vías de transmisión de señales y factores de transcripción. De todo lo anterior claramente se puede predecir que existiría una dependencia entre las micropartículas y la morbilidad respiratoria bajo sus diversas formas en la población en general

y de manera particular en los niños menores de 5 años que son el estrato más vulnerable de la sociedad.

A nivel mundial, la OMS informo que en el año 2012 el 72% de muertes prematuras relacionadas con la contaminación ambiental se debieron a cardiopatía isquémica (enfermedad cardíaca) y accidente cerebrovascular. Mientras que un 14% se debió a neumopatía obstructiva crónica o infección aguda de las vías respiratorias inferiores y el otro 14% a cáncer pulmonar. Siendo estos datos muy relevantes al momento de pensar en los efectos nocivos que tienen las micropartículas $PM_{2.5}$ y PM_{10} , los demás contaminantes del aire y su crecimiento con el paso de los años.

También indica de manera complementaria que muchas de estas defunciones pueden atribuirse a más de un factor de riesgo como el consumo de tabaco. Personas que fallecieron de cáncer de pulmón pudieron haberse salvado si se hubiese mejorado la calidad del aire o reducir el consumo de tabaco.

La composición química heterogénea del Material Particulado $PM_{2.5}$ y PM_{10} , añade riesgos a la salud por la presencia de metales o hidrocarburos con potencial cancerígeno.

Además de los efectos sobre la salud las partículas en suspensión influyen en el clima debido a la capacidad que tienen estas partículas de absorber, dispersar y reflejar radiación, también ejercen influencia en los niveles de visibilidad, tienen efectos sobre el ecosistema y degradan los materiales de construcción.

En todo este contexto de la realidad problemática de manera explícita podemos mencionar que la polución del aire del cual forman parte las partículas en suspensión es consecuencia de lo siguiente:

1.- La emisión primaria, compuesta por las partículas que se emiten directamente a la atmosfera desde diversas fuentes naturales pudiendo ser estas por ejemplo las sales marinas, las cenizas volcánicas, en este tipo de emisión particular no está incluido el ser humano, etc.

2.- La emisión secundaria, es aquella que se forma en la atmosfera por medio de la interacción de los gases que se encuentran en el aire, como los sulfatos marinos, el isopreno. Está asociada con las partículas originadas por el hombre, por ejemplo, el hollín, que son emisiones de carbón muy finas originado por los motores de combustión diésel, también aparecen formación de nitratos de emisión del óxido de nitrógeno y condensación de compuestos orgánicos volátiles,

igualmente aparecen en las cementeras, en la industria metalúrgica, en las centrales térmicas etc.

Realidad Problemática Local (PERU)

En el Perú, las normativas técnicas y legales parecen estar muy apartadas de la realidad que se experimenta a diario. En la ciudad de Lima existe una total asimetría de las operatividades de las normativas técnicas y legales, en muy pocos lugares hay cierto nivel de rigurosidad, mientras que, en los conos de la ciudad, por ejemplo, no hay ningún tipo de valoración del medio ambiente.

La realidad problemática esta expresada en un incremento de personas afectadas por enfermedades respiratorias particularmente males bronquiales, asma, rinofaringitis entre otras. En este escenario, el avance de las afecciones respiratorias se debe generalmente al ambiente externo siendo los principales factores: friaje, niveles de pobreza, contaminación ambiental por micropartículas. La correlación entre estos factores genera complicaciones de manera definitiva en la salud de las personas. Claramente existe una sensibilidad inherente en niños menores de 5 años, por otros contaminantes ambientales quienes bajo ciertas circunstancias se vuelven principales candidatos a adquirir las denominadas enfermedades de respiración agudas. No es posible precisar de manera determinante que las personas puedan ser afectados por la presencia en el aire del material particulado, debido a que la manifestación de las enfermedades respiratorias por material particulado es acumulativa y su manifestación dependiendo del índice de polución a que las personas se encuentran expuestas y del nivel de sensibilidad de las mismas, pueden aparecer entre los 05 y 20 años, sometido de manera permanente a ambientes con presencia de estos materiales sólidos dispersos en la atmosfera.

La precaria situación de la calidad del aire, debido a las emisiones que provienen de los autos, se identifica como uno de los problemas más severos que perjudica el núcleo urbano. De la misma forma, las emisiones por actividades manufactureras, de mina y piscícola, han creado problemas serios en localidades como Chimbote y La Oroya. La contaminación se debe mayoritariamente por la existencia en gran escala de combustibles fósiles en la generación de energía del Perú, y la deplorable calidad de estos que contiene altas dosis de contaminantes. Adicionalmente, las actividades de manufactura y extracción laboran con maquinarias antiguas y con poco cuidado en las emisiones (Ministerio del Ambiente, 2011)

Los efectos que se producen por la contaminación del aire afectan a la salud de los pobladores. En relación, investigaciones del CONAM en el año 2006, concluyen que por exposición de material particulado se genera 6000 muertes por año y gastos de 300 millones de dólares anuales. Según el Banco Mundial en un estudio del Análisis Ambiental del año 2006, aproximadamente los costos que genera la contaminación del aire representa el 0.9% del PBI, los que mayoritariamente afectan a las zonas menos favorecidas. (Ministerio del Ambiente, 2011)

El decreto supremo número 074-2001-PCM aprueba los estándares de calidad ambiental para el aire (ECA), en los que se priorizan trece urbes: Lima y Callao, La Oroya, Iquitos, Ilo, Huancayo, Cusco, Chimbote, Chiclayo, Arequipa, Cerro de Pasco, Trujillo, Piura y Pisco; donde se impulsa un programa nacional para reducir la contaminación. Adicionalmente se impulsa la reducción de concentración de azufre en los combustibles (Ministerio del Ambiente, 2011)

En el 2010, se aprobaron nuevos ECA mediante el Decreto Supremo N° 013-2010-MINAM. Adicionalmente se planea construir el “Parque Ecológico Nacional Antonio Raimondi”, en el cual los pobladores del Lima podrán disfrutar de un aire menos contaminado, y ser educados en la cultura ambiental.

Los objetivos del Plan Nacional de Acción Ambiental están basados en la Política Nacional del Ambiente, los cuales se citarían:

Objetivo General

Se desea aumentar la calidad de vida de los pobladores, donde se garantice la presencia de ecosistemas viables en el largo plazo; y el desarrollo sostenible del Perú, a través de medidas preventivas, de recuperación y protección del medio ambiente, la preservación y la extracción sostenible, de manera consciente y respetando los derechos fundamentales de la persona. (Ministerio del Ambiente, 2011)

Objetivos específicos

- Se desea la preservación y extracción sostenible de los recursos naturales, de manera eficiente, equitativa y enfocado en el bienestar social en el que se privilegia la gestión global del patrimonio natural.
- Se desea afianzar una adecuada calidad del ambiente con el fin de preservar la salud y desarrollo de la población, informando de los ecosistemas afectados, recuperando zonas

destruidas y gestionando de manera global los riegos del ambiente, produciendo de manera eficiente y limpia.

- Se desea fortalecer el Sistema Nacional de Gestión Ambiental y la gobernanza ambiental a nivel nacional, regional y local, dirigidos por el MINAM
- Se desea lograr conciencia y cultura ambiental en la población, con la colaboración de los ciudadanos en la toma de decisiones informadas y conscientes para el desarrollo sostenible
- Se desea alcanzar un desarrollo competitivo y sostenible de los sectores privados y públicos, en los que se fomente las oportunidades en materia de economía y ambiente en el plano nacional y extranjero.

Metas prioritarias al 2021

Aire

Todas las urbes, que se priorizan, implementan los planes de acción y cumplen los normas del ECA.

Acciones estratégicas. -

Tabla 12. "Acción Estratégica del Plan Nacional de Acción Ambiental" 2011

ACCION ESTRATEGICA	Objetivo al 2012	Objetivo al 2017	Objetivo al 2021
Prever y vigilar la contaminación del ambiente	- Trece de las urbes implementan los planes de acción y satisfacen las normas del ECA del aire - Se actualiza la línea base en todas las urbes	- Trece de las urbes preservan la calidad del aire - Los tres cuartos de nuevas urbes priorizadas implementan sus planes de acción con el fin de aumentar la calidad del aire y satisfacen las normas del ECA del aire	- Trece de las urbes preservan la calidad del aire - El total de nuevas urbes priorizadas implementan sus planes de acción con el fin de aumentar la calidad del aire y satisfacen las normas del ECA del aire - Se disminuye en un décimo las enfermedades en lugares priorizados por contaminación de la calidad del aire por exposición de azufre y material particulado, respecto a la línea base
Indicador: Cantidad de urbes cuyos planes de acción han sido implementados y los que cumplen las normas establecidas por el ECA para Aire.			
Responsables: GL, MINAM, MINS			

Luego de haber revisado El Plan Nacional de Acción Ambiental, en el que se exhibe la visión del Perú respecto al medio ambiente al 2021, en los que sus objetivos se basan en los propuestos

por la Política Nacional del Ambiente, el cual se rige por lo establecido en el 2002 en el Acuerdo Nacional. Este documento es consecuencia del consenso del sector público y las instituciones sociales y religiosas en el cual se comprometen a hacer cumplir las políticas esbozadas en relación con el ambiente y con miras al Bicentenario.

Podemos hacer algunas reflexiones y que se está muy lejos de todo lo propuesto en dicho documento al menos en materia ambiental del aire, estamos lejos de los objetivos planteados y de las metas priorizadas al 2021, en suma, la problemática particularmente en Lima persiste, es visible y dista de lo propuesto en dicho documento. No es entonces difícil deducir la gran probabilidad de que en las trece (13) urbes lo propuesto en dicho documento no se cumple.,

Realidad Problemática Local (ATE)

De acuerdo con las estadísticas en el tiempo, Ate se encuentra entre los distritos de Lima y del Perú con mayor índice de polución por material particulado $PM_{2.5}$ y PM_{10} . Esta afirmación puede expresarse gráficamente en la figura 35., esto de acuerdo con la información obtenida para el desarrollo del presente trabajo de investigación, deviene en que en esa zona la salud humana se ve afectada y reflejada estas en enfermedades cardiovasculares y afecciones respiratorias. Para las mediciones, tenemos datos tomados con equipo propio en la Av. San Juan Mz. A Lot. 21 urbanización Santa Martha Vitarte, este lugar es considerado como una zona industrial, debido a que a sus alrededores se encuentran lavanderías de teñido, procesadoras de cal, talleres de metal mecánica etc., las mediciones han sido realizados con un equipo de medición Temtop Air Quality Monitor Airing-1000, este equipo dispone de un sensor que utiliza la prueba laser para la medición del $PM_{2.5}$ y PM_{10} .

De otro lado hemos tomado la base de datos del SENAMHI y el Instituto Nacional de Estadística(INEI) para poder observar el desarrollo en su comportamiento de este material particulado, con la intención que a futuro podamos comparar valores para intervalos cortos y coincidentes de tiempo que nos permitan sacar algunas conclusiones y nos permitan dentro de lo posible proyectar como va a ser el comportamiento de este material particulado y cuáles serían los correctivos para que no siga incrementándose de manera significativa la polución del aire.



Figura 35. Concentraciones de PM10 monitoreadas en Lima Metropolitana el 26/10/2018 al medio día. (Senamhi, 2018)

2.1.2. Definición del Problema

Problema General

¿En qué medida la polución ambiental por micropartículas PM_{2.5} y PM₁₀ influye en la presencia de enfermedades respiratorias en los pobladores del distrito de Ate?

Problemas específicos

- a) ¿Cuáles son los efectos de la polución ambiental por micropartículas PM_{2.5} y PM₁₀ en la presencia de asma, rinitis-faringitis en los pobladores del distrito de Ate?
- b) ¿Cómo los efectos de la polución ambiental por micropartículas PM_{2.5} y PM₁₀ influyen en la percepción de la calidad del aire en los pobladores del distrito de Ate?
- c) ¿Cómo influye la polución ambiental por micropartículas PM_{2.5} y PM₁₀ en la frecuencia de consultas hospitalarias en los pobladores del distrito de Ate?

2.2. Finalidad y Objetivos de la Investigación

2.2.1. Finalidad

La motivación del presente Proyecto de Investigación es hacer de conocimiento, como los efectos de la polución ambiental por micropartículas PM_{2.5} y PM₁₀, genera numerosas enfermedades, por su característica acumulativa, siendo las de mayor incidencia, las enfermedades respiratorias, en tal sentido pretende sensibilizar a los entes involucrados para que se implementen las políticas ambientales, a fin de que se cumplan con las guías sugeridas por la OMS y ECA, entidades que establecen los límites máximos permitidos de concentración,

tanto para el $PM_{2.5}$ y el PM_{10} en $\mu g/m^3$ y vigilen para que estos valores no sean superados a fin de que los habitantes pueda mejorar su calidad de vida y poder respirar aire más limpio. y de este modo disminuir significativamente el enorme costo social que implica vivir en un ambiente contaminado.

El hecho es que las micropartículas $PM_{2.5}$ y PM_{10} se encuentran en todos los espacios llámese cerrado o abierto de la faz de la tierra, siendo su medio de transporte el viento, esto hace que estas partículas estén diseminadas en todo el globo terrestre, este gran problema que aqueja, a todos los lugares de la tierra de manera general y particularmente en nuestro país, región, departamento, ciudad, distrito, se aborda en esta investigación con soportes teóricos y con mediciones proporcionados por el Senamhi y equipo propio efectuadas en una zona de alta polución como es el distrito de Ate, se pretende analizar y explicar las causas que originan estos elevados índices de micropartículas que están muy por encima a los recomendados por la OMS y ECA, y de otro lado contando con información proporcionados por el portal web del hospital de Vitarte, específicamente en lo relacionado a las enfermedades respiratorias, se pretende correlacionar ambas variables y a partir de ello recomendar medidas posibles y adecuadas a los agentes involucrados a fin de disminuir los niveles de polución por material particulado tras establecer su relación directa con las enfermedades respiratorias.

2.2.2. Objetivo general y específicos

Objetivo General

Determinar cómo los efectos de la polución ambiental por micropartículas $PM_{2.5}$ y PM_{10} influyen en la presencia de enfermedades respiratorias en los pobladores del distrito de Ate

Objetivos específicos

- a) Determinar cómo los efectos de la polución ambiental por micropartículas $PM_{2.5}$ y PM_{10} influyen en la presencia de asma, rinitis-faringitis en los pobladores del distrito de Ate
- b) Determinar en qué medida los efectos de la polución ambiental por micropartículas $PM_{2.5}$ y PM_{10} influyen en la percepción de la calidad del aire en los pobladores de distrito de Ate
- c) Determinar como la polución ambiental por micropartículas $PM_{2.5}$ y PM_{10} influye en la frecuencia de consultas hospitalarias en los pobladores de distrito de Ate
- d) Determinar en qué medida los efectos de la polución ambiental por micropartículas $PM_{2.5}$ y PM_{10} influye en los años de permanencia en los pobladores de distrito de Ate.

2.2.3. Delimitación del estudio

El campo de acción en el cual se va a aplicar la presente investigación hace necesario dar una delimitación espacial al lugar de estudio, siendo este el distrito de Ate, que se encuentra en la zona sud este de Lima, con coordenadas geográficas (grados, minutos, segundos), latitud: 12°01'36.0''S, longitud: 76°56'24.9''W, y que es considerada como una zona altamente industrial donde existen plantas textiles (tintorería), imprentas, fundiciones de hierro y acero, grifos, lavanderías de teñido, procesadoras de cal, talleres de metal mecánica entre otros. El equipo propio fue colocado en la Urb. Santa Martha Mz. A Lot. 21., zona altamente industrial, y que además colinda con el Ferrocarril Central del Perú (Usa locomotora a Diesel). El uso del equipo propio se explica en el Anexo a.

La presencia del material particulado, en cierto modo está indicando el tipo de fuentes de generación existentes en el área de estudio y su cantidad, datos que nos sirven para evaluar las mediciones hechas con un equipo propio y luego compararlo con los datos del SENAMHI.

2.2.4. Justificación e importancia del estudio

La investigación se enfocó en demostrar que la polución ambiental por material particulado PM_{2.5} y PM₁₀ en el aire influyen de manera significativa en la presencia de enfermedades respiratorias en los pobladores del distrito de Ate, este aire contaminado que tiene otros componentes también como el dióxido de carbono, monóxido de carbono, dióxido de nitrógeno, dióxido de azufre ozono, entre los más representativos, siendo en realidad la cantidad de contaminantes del aire una larga lista, podemos concluir que el aire que respiramos, origina enfermedades respiratorias en sus diversas formas, al que originan enfermedades cardiovasculares y otras en menor porcentaje pero también muy nocivas para la salud.

Es importante también señalar que es de suma importancia que los entes involucrados hagan que se cumplan con las recomendaciones de la OMS a nivel global y las de ECA a nivel nacional; pero es sabido también que en la agenda de los gobernantes de la mayoría de los países del mundo, el tema ambiental no es materia de su interés, pese a las manifestaciones, como el calentamiento global, la disminución del grosor de la capa de ozono, la presencia de la lluvia acida, el incremento de la temperatura del agua de mar que están ocasionando catástrofes naturales con pérdidas de vida pese a ello la falta de sensibilidad de las autoridades de turno de cada país, hace que este problema lamentablemente tienda a empeorar. La esencia neoliberal de la mayoría de estados privilegia el bienestar económico de poquísimos y sacrifica la vida de la mayoría de los pobladores de la tierra..

En principio si bien es cierto que existen muchos estudios relacionados con el tema, se pretende usar diversas técnicas para la toma y tratamiento de datos, desde las proporcionadas por SENAMHI y el hospital de Vitarte, hasta el uso de equipo propio adquirido para la medición del PM_{2.5} y PM₁₀. El uso adecuado de la información, pretende recomendar propuestas de cambio de políticas reales y sinceras que permitan mitigar la contaminación tan grave que se monitorea particularmente en algunas zonas como el distrito en estudio, donde el vivir es de muy alto riesgo.

2.3. Hipótesis y Variables

2.3.1. Supuestos teóricos

Las suposiciones teóricas tratadas en la investigación son concordantes con la hipótesis general tratadas en el presente trabajo.

La exposición de una persona a una gran cantidad de PM_{2.5} y PM₁₀, dependiendo además del tiempo de exposición a las mismas trae consecuencias muy negativas para la salud, siendo las más evidentes las afecciones respiratorias bajo la forma de rinitis, bronquitis, asma alérgica, entre otras. Las micropartículas bajo la forma de PM_{2.5} y PM₁₀, son los contaminantes más complejos, pues abarcan un vasto espectro de sustancias, sólidas y líquidas oriundos de diversas fuentes ampliamente explicadas en el marco teórico del presente trabajo de investigación.

Un caso especial lo constituyen los neonatos, éstos no tienen aún bien desarrollado el diafragma el cual ayuda a que una persona tenga una mejor respiración, es por ello que estos son muy vulnerables a complicaciones respiratorias que, en muchos casos, particularmente en zonas donde la atención médica no es buena o a veces inexistente, trae como consecuencia la muerte.

Teniendo en cuenta los reportes proporcionados particularmente por los organismos de salud encargados de velar por la atención de la población en general y de modo especial por los niños se puede concluir que un considerable porcentaje de casos de afecciones respiratorias en niños tendría una relación directa con la polución del aire por micropartículas PM_{2.5} y PM₁₀.(UNICEF, 2018)

2.3.2. Hipótesis generales y específicas

Hipótesis general

La polución ambiental por micropartículas PM_{2.5} y PM₁₀, influyen positivamente en la presencia de enfermedades respiratorias en los pobladores del distrito de Ate

Hipótesis específicas

- a) La polución ambiental por micropartículas PM_{2.5} y PM₁₀ influye positivamente en la presencia de asma, rinitis-faringitis en los pobladores del distrito de Ate
- b) La polución ambiental por micropartículas PM_{2.5} y PM₁₀ influye positivamente en la percepción de la calidad del aire en los pobladores del distrito de Ate
- c) La polución ambiental por micropartículas PM_{2.5} y PM₁₀ influye positivamente en la frecuencia de las consultas hospitalarias en los pobladores del distrito de Ate
- d) La polución ambiental por micropartículas PM_{2.5} y PM₁₀ influye positivamente en los años de permanencia en los pobladores del distrito de Ate

2.3.3. Variables, dimensiones e indicadores: Definición de variables

Tabla 13. Variables, dimensiones e indicadores (Elaboración propia)

VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES
Variable 1	a) Polución ambiental por micropartículas PM _{2.5}	a). Concentración en masa del PM _{2.5} : $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Polución ambiental por micropartículas PM _{2.5} y PM ₁₀ ,	b). Polución ambiental por micropartículas PM ₁₀	a). Concentración en masa del PM ₁₀ : $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Variable 2	a) Presencia de asma, rinitis-faringitis.	a) Número de pacientes con asma. b) Número de pacientes con rinitis-faringitis
Presencia de enfermedades respiratorias	b) Percepción de la calidad del aire.	a) Porcentaje de personas sensibles a la polución. b) Numero de fuentes contaminantes
	c) Frecuencia de consultas hospitalarias.	a) Número de pacientes atendidos. b) Frecuencia de atención.
	d) Años de permanencia en el distrito.	a) Años de residencia en el distrito b) Edad

2.3.4. Matriz de Consistencia

Los efectos de la polución ambiental por micropartículas PM2.5 y PM10 en la presencia de enfermedades respiratorias en los pobladores del distrito de Ate

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES - DIMENSIONES – INDICADORES			METODOLOGÍA
			VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	
<p>Problema General ¿En qué medida la polución ambiental por micropartículas PM_{2.5} y PM₁₀ influye en la presencia de enfermedades respiratorias en los pobladores del distrito de Ate?</p>	<p>Objetivo General Determinar cómo los efectos de la polución ambiental por micropartículas PM_{2.5} y PM₁₀ influyen en la presencia de enfermedades respiratorias en los pobladores del distrito de Ate</p>	<p>Hipótesis general La polución ambiental por micropartículas PM_{2.5} y PM₁₀, influyen positivamente en la presencia de enfermedades respiratorias en los pobladores del distrito de Ate.</p>	Variable 1 Polución ambiental por micropartículas PM _{2.5} y PM ₁₀	a) Polución ambiental por micropartículas PM _{2.5}	a) Concentración en masa del PM _{2.5} : µg/m ³	<p>a) Tipo, nivel y diseño. El Tipo de investigación es aplicada. El enfoque es de corte cuantitativo. El nivel de investigación será explicativo. El diseño de investigación es ex-post-facto, M=Oy(f)Ox OX=Polución ambiental por micropartículas PM_{2.5} y PM₁₀. OY= Presencia de enfermedades respiratorias,</p> <p>b) Método. El método es inductivo-deductivo</p> <p>c) Población y muestra La población serán los pacientes que ingresan al hospital de Vitarte. La muestra lo constituyen los pacientes que ingresen a las especialidades de neumología.</p> <p>d) Técnicas Encuesta</p> <p>e) Instrumentos. Data histórica de SENAMHI-INEI y hospital de Vitarte. Recolección de datos de micropartículas PM_{2.5} y PM₁₀ con equipo propio.</p>
<p>Problemas específicos a) ¿Cuáles son los efectos de la polución ambiental por micropartículas PM_{2.5} y PM₁₀ en la presencia de asma, rinitis-faringitis en los pobladores del distrito de Ate? b) ¿Cómo los efectos de la polución ambiental por micropartículas PM_{2.5} y PM₁₀ influyen en la percepción de la calidad del aire en los pobladores del distrito de Ate? c) ¿Cómo influye la polución ambiental por micropartículas PM_{2.5} y PM₁₀ en la frecuencia de consultas hospitalarias en los pobladores del distrito de Ate? d) ¿Cuáles son los efectos de la polución ambiental por micropartículas PM_{2.5} y PM₁₀ debido a los años de permanencia en pobladores del distrito de Ate?</p>	<p>Objetivos específicos a) Determinar cómo los efectos de la polución ambiental por micropartículas PM_{2.5} y PM₁₀ influyen en la presencia de asma, rinitis-faringitis en los pobladores del distrito de Ate b) Determinar en qué medida los efectos de la polución ambiental por micropartículas PM_{2.5} y PM₁₀ influyen en la percepción de la calidad del aire en los pobladores de distrito de Ate c) Determinar como la polución ambiental por micropartículas PM_{2.5} y PM₁₀ influye en la frecuencia de consultas hospitalarias en los pobladores de distrito de Ate d) Determinar en qué medida los efectos de la polución ambiental por micropartículas PM_{2.5} y PM₁₀ influye en los años de permanencia en los pobladores de distrito de Ate</p>	<p>Hipótesis específicas a) La polución ambiental por micropartículas PM_{2.5} y PM₁₀ influye positivamente en la presencia de asma, rinitis-faringitis en los pobladores del distrito de Ate b) La polución ambiental por micropartículas PM_{2.5} y PM₁₀ influye positivamente en la percepción de la calidad del aire en los pobladores del distrito de Ate c) La polución ambiental por micropartículas PM_{2.5} y PM₁₀ influye positivamente en la frecuencia de las consultas hospitalarias en los pobladores del distrito de Ate d) La polución ambiental por micropartículas PM_{2.5} y PM₁₀ influye positivamente en los años de permanencia en los pobladores del distrito de Ate</p>		b) Polución ambiental por micropartículas PM ₁₀	b) Concentración en masa del PM ₁₀ : µg/m ³	
			<p>Presencia de enfermedades respiratorias</p>	<p>a) Presencia de asma, rinitis-faringitis b) Percepción de la calidad del aire c) Frecuencia de consultas hospitalarias d) Años de permanencia en el distrito</p>	<p>a) Número de pacientes con asma. b) Número de pacientes con rinitis-faringitis a). Porcentaje de personas sensibles a la polución b) Numero de fuentes contaminantes a). Número de pacientes atendidos b) Frecuencia de atención a). Número de años de residencia b). Edad</p>	

CAPÍTULO III

MÉTODO, TÉCNICA E INSTRUMENTOS

El enfoque es de corte cuantitativo, pues su procedimiento nos permite recopilar y examinar datos obtenidos de distintas fuentes, además esto conlleva a usar herramientas estadísticas y matemáticas para conseguir los resultados esperados, es decir comprobar la validez de la propuesta.

El tipo de investigación a realizar será aplicado, ya que describe, y explica la influencia que existente entre las variables de investigación y la realidad que se presenta en el escenario de estudio del presente proyecto.

El nivel de investigación será, explicativo porque en el trabajo se pretende explicar porque ocurren los fenómenos y en qué condiciones se dan,

El diseño considerado para la presente tesis, es no experimental, transversal y correlacional causal, es no experimental porque los estudios realizados se han hecho sin la manipulación de las variables y solamente reconociendo los fenómenos o las consecuencias en el lugar de estudio, pues para un nivel de polución existe una determinada cantidad de pacientes atendidos en el hospital de Vitarte, es transversal en vista que todos los datos de la muestra se colectan en un determinado periodo de tiempo, y es correlacional causal, pues están orientados a la comprobación y análisis de las causales(variables independientes) y sus resultados traducidos en hechos verificables(variables dependientes).

El diseño de la investigación es *ex-post-facto.*, es decir las variaciones en la variable independiente ya ocurrieron y la investigación está (Hernandez R., Fernandez C., 2014)orientada a la observación de situaciones ya existentes dada la incapacidad de influir sobre las variables y sus efectos. (Hernández, Fernández y Baptista, 1991).

La relación entre la causa y efecto o consecuencia puede expresarse como la siguiente relación: $M = O_y(f)O_x$; M: Muestra representativa (pacientes con enfermedades respiratorias, hospital de Vitarte), (f) en función de, O_y : efecto o consecuencia (pacientes crónicos con enfermedades respiratorias, O_x : causa (Polución ambiental por micropartículas $PM_{2.5}$ y PM_{10}).

El método es inductivo-deductivo. El método inductivo conocido también como experimental, lo que usa como criterio es la inducción imperfecta que se basa en observaciones incompletas, es decir las conclusiones inductivas solo solo pueden ser absolutas cuando se refiere a bases de datos pequeñas, en el trabajo podemos mencionar que todos los pacientes que aparecen en la base de datos del hospital de vitarte (enfermos atendidos y observados por presentar afecciones respiratorias por micropartículas PM₁₀) fueron tratados por afecciones respiratorias, por lo tanto todos los pacientes sufren de afecciones respiratorias.

En el caso del método deductivo se plantea que de afirmaciones generales se llega a afirmaciones específicas, como concepto, podríamos plantear: Las micropartículas PM₁₀ producen la presencia de enfermedades respiratorias (premisa mayor), el asma es una enfermedad respiratoria (premisa menor); por lo tanto el asma es producida por las micropartículas PM₁₀ (conclusión) , las conclusiones del razonamiento deductivo serán verdaderas, si las premisas en que se basa también lo son, es decir la conclusión general debe estar basado en hechos recopilados mediante la observación directa..

3.1. Población y muestra

Población

La población estuvo conformada por 849 pacientes con afecciones respiratorias correspondiente al mes de octubre de 2018, este número corresponde al más alto de los últimos tres años, 2016, 2017, 2018

Muestra

La selección de la muestra se hizo a partir del muestreo probabilístico, expresado por:

$$n = \frac{Z^2 N p q}{e^2 (N - 1) + Z^2 p q}$$

n: Tamaño de la muestra	191
Z: Desviación curva normal	1.96
N: Población	849
p: Probabilidad de éxito	0.8
q: Probabilidad de rechazo	0.2
e: Máximo error permisible	0.05

a) Nivel de confianza o seguridad: El nivel de confianza prefijado da lugar a los siguientes considerandos:

Si la seguridad Z_α fuese del 90% el coeficiente sería 1.645

Si la seguridad Z_{α} fuese del 95% el coeficiente sería 1.96

Si la seguridad Z_{α} fuese del 97.5% el coeficiente sería 2.24

Si la seguridad Z_{α} fuese del 99% el coeficiente sería 2.576

b). La precisión e que aspiramos para nuestro estudio, no será en ningún caso mayor del 5%.

c) p = proporción aproximada del fenómeno en estudio en la población de referencia =0.8

d) q = proporción de la población de referencia ausente del fenómeno en estudio $(1 - p)$. =0.2

N : Tamaño de la población

El diseño de la investigación es ex-post-facto., es decir los cambios en la variable independiente ya ocurrieron y la investigación está orientada a la observación de situaciones ya existentes dada la incapacidad de influir sobre las variables y sus efectos. (Hernandez R., Fernandez C., 2014)

3.2. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

La recolección de datos relacionados con la concentración de micropartículas bajo estudio, en este caso $PM_{2.5}$ y PM_{10} serán tomados según se indica en el listado.

1.- Recolección de datos proporcionados por el SENAMHI-, INEI.

2.- Recolección de datos con instrumental propio, el equipo adquirido es: Temtop Airing-1000 Air Quality, la zona elegida es de alta contaminación y corresponde a una zona industrial debido a la presencia de las diversas industrias, lavanderías, de teñidos, procesadoras de cal, talleres metalmeccánica, además de colindar con el ferrocarril central del Perú que usan locomotoras diésel, la estación de medición del material particulado del SENAMHI se encuentra a un kilómetro aproximadamente del lugar donde tenemos instalado el equipo, lo cierto es que para todo el distrito de Ate hay solo una estación de medición. Por las características descritas consideramos que era un ambiente adecuado para el trabajo e instalamos el equipo en dicho lugar para monitorear las mediciones de las micropartículas $PM_{2.5}$ y PM_{10} .

3.-Base de datos proporcionados por el hospital de Vitarte de los pacientes atendidos por diversas afecciones respiratorias.

Los instrumentos del trabajo fueron LA ENCUESTA y las bases de datos mencionados en los tres ítems precedentes. LA ENCUESTA fue validada por expertos conocedores del trabajo de investigación.

3.3. Procesamiento de datos

Se empleó el Excel para analizar las gráficas de las variables; variable1 Polución ambiental por micropartículas PM_{2.5} y PM₁₀ y la variable 2, Presencia de enfermedades respiratorias que son las tratadas en la tesis. Los datos con los cuales se han trabajado son los que se mencionan en el punto 3.3. Igualmente se usó el SPSS versión 23 para obtener frecuencias, porcentajes, tablas, graficas, otros, con el mismo software se confirmaron las hipótesis, mediante el uso de la prueba no paramétrica chi cuadrado.

CAPÍTULO IV

PRESENTACION Y ANALISIS DE LOS RESULTADOS

4.1. Resultados del análisis de la variable “Polución ambiental por micropartículas PM2.5 y PM10”

En este ítem, se muestran las gráficas consideradas de interés para este trabajo de investigación, en lo relacionado a la variable de análisis, las gráficas mostradas están en función de la data proporcionada por SENAMHI-INEI; la implementada y adaptación del equipo propio; la encuesta tomada a los pacientes que se han atendido en el hospital de Vitarte que presentaban cuadros de afecciones respiratorias y a los pobladores alrededor de este centro de salud del distrito de Ate. Es necesario precisar que es de interés mencionar algunos criterios de la implementación del equipo propio.

4.1.1. Resultado de Recolección de datos con equipo propio – Implementacion del sistema de medición.

Al haber hecho la adquisición de un medidor de PM10 y PM2.5 Temtop Air Quality Monitor digital; pero que carecía de capacidad de almacenamiento, nuestro sistema fue implementado para que tenga la capacidad de tomar la data cada 10 minutos y almacenarla como foto cada medición en el rango programado. El máximo tiempo que pudimos tomar con nuestro equipo fue de una medición continua durante dos meses y durante las 24 horas de cada día, por limitaciones técnicas no se pudo lograr grabaciones de la data por más tiempo, creo que dicha adaptación con elementos muy básicos, es un elemento de medición piloto y constituye un aporte importante para conseguir mediciones que permitan analizar las lecturas de las micropartículas de manera muy económica, por intervalos no muy largos; pero que sirven para tener una idea del comportamiento de las micropartículas PM10, para periodos diarios y mensuales, pues de un equipo digital sencillo logramos un instrumento que automáticamente almacenaba los datos, mostrándonos además los parámetros, temperatura y humedad relativa. El detalle del diseño y montaje del equipo propio se muestra en el ANEXO A.

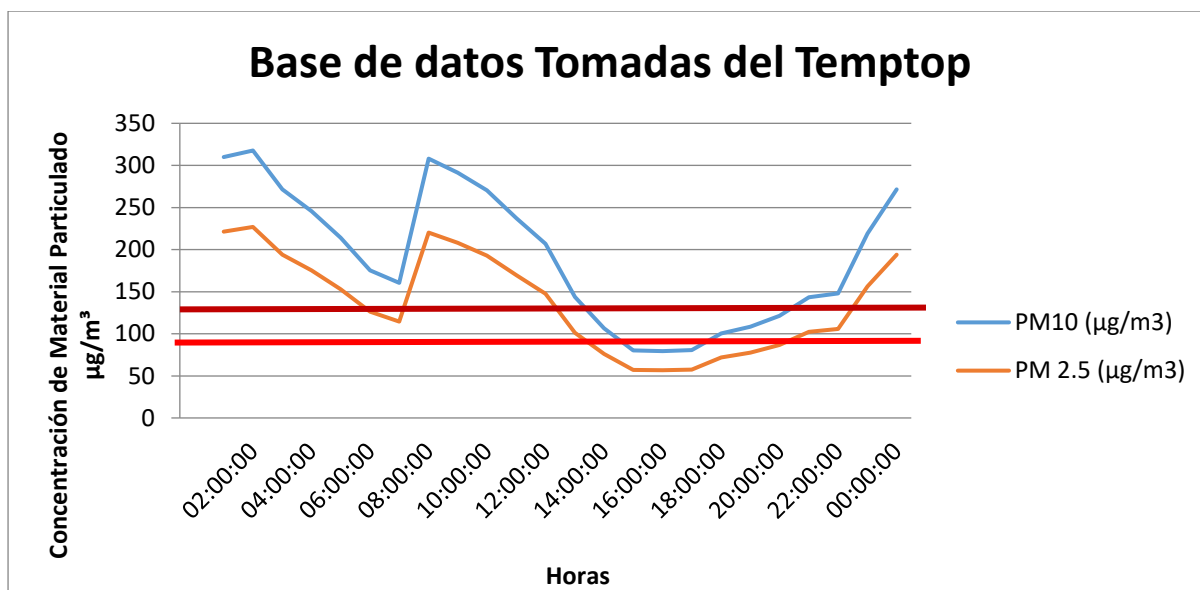


Figura 36 Evolución del promedio diario del material particulado $PM_{2.5}$ y PM_{10} , Setiembre 28 2018 equipo propio Temtop Air Quality Monitor

Interpretación: La Figura 36 corresponde a las mediciones del equipo propio, en el caso del PM_{10} se observa que de 2pm.a 6pm. se está por debajo de los límites recomendados por ECA; pero por encima de la OMS. Como lo indican algunos autores en el caso del equipo propio, se puede evidenciar que el $PM_{2.5}$ es una fracción del PM_{10} . La implementación del circuito para recopilar los datos con el equipo propio aparecen en el Anexo A.

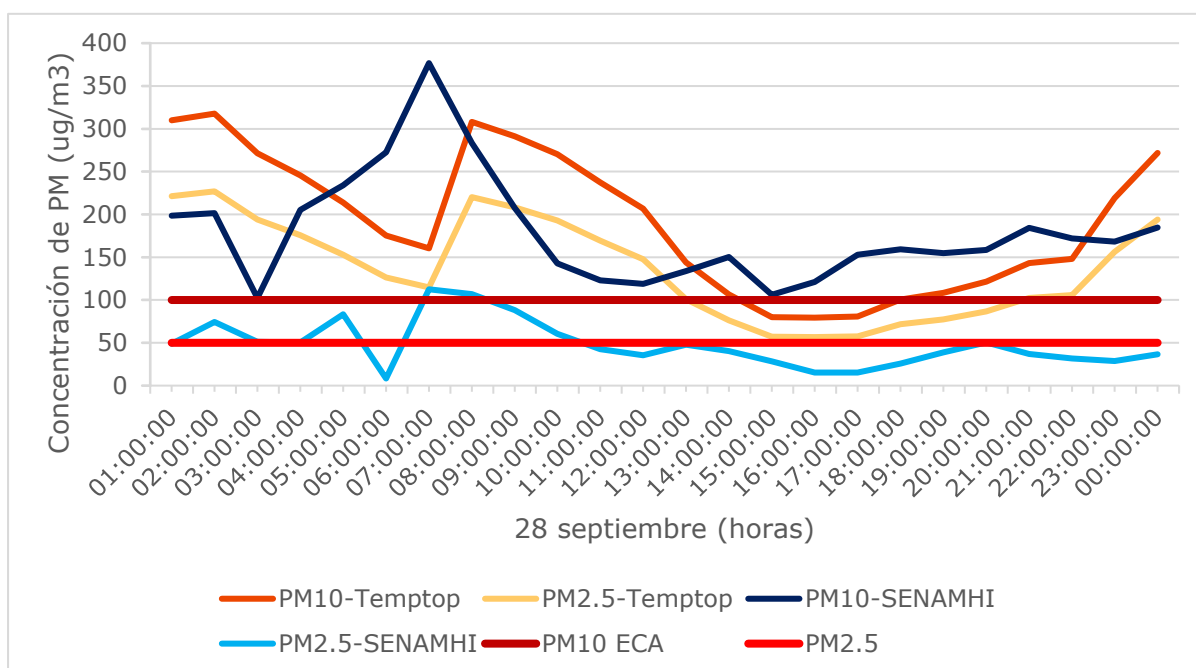


Figura 37 Análisis comparativo de la evolución del material particulado $PM_{2.5}$ y PM_{10} entre el Temtop Air Quality Monitor y SENAMHI, durante un día del mes de setiembre del año 2018

$\mu\text{g}/\text{m}^3$: Microgramo por metro cúbico PM_{10} .ECA: $100.0 \mu\text{g}/\text{m}^3$ OMS: $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$; $PM_{2.5}$.ECA: $50.0 \mu\text{g}/\text{m}^3$ OMS: $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$

Fuente: Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI)- Dirección General de Investigación y Asuntos Ambientales.

Elaboración: Instituto Nacional de Estadística e Informática INEI

Temtop: PM_{10} .ECA: $100.0 \mu\text{g}/\text{m}^3$ OMS: $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$; $PM_{2.5}$.ECA: $50.0 \mu\text{g}/\text{m}^3$ OMS: $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$

Interpretación: Los niveles máximos permitidos para el caso del Temtop Air Quality Monitor y la data extraída de SENAMHI presentados en la Figura 37, son altamente superadas por lo sugerido por ECA y la OMS; con el Temtop Air Quality Monitor, para el PM_{10} los niveles permisibles están de 3pm a 6pm.; para la data de SENAMHI – INEI, se aprecia que durante las 24 horas del día los valores están por encima de lo recomendado por ECA y la OMS; caso del $PM_{2.5}$ para el equipo propio los valores durante las 24 horas superan lo establecido por la ECA y la OMS, en el caso del SENAMHI- INEI los valores máximos permitidos por la ECA están de 5am., a 6am. y de 10am. hasta las 0:00:00 horas.

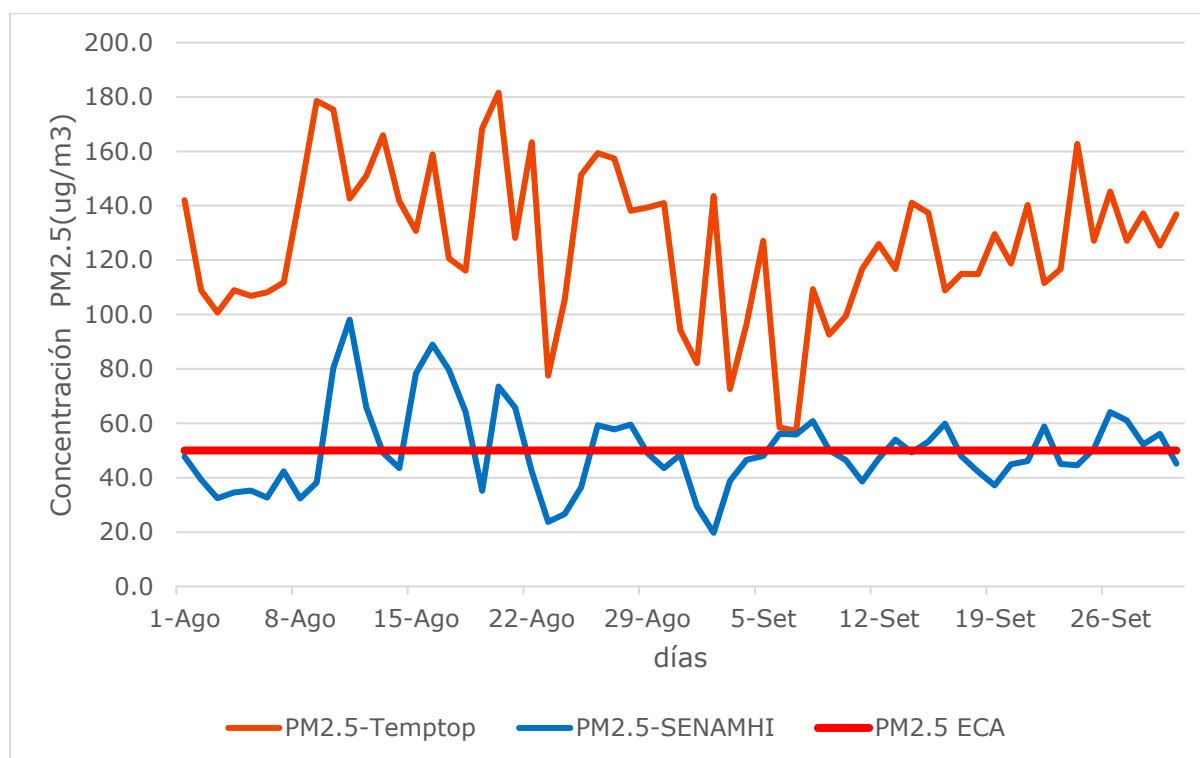


Figura 38 Análisis comparativo de la evolución del material particulado $PM_{2.5}$ entre el Temtop Air Quality Monitor y SENAMHI, durante el año 2018, meses de agosto y setiembre

Interpretación: Los datos almacenados por el Temtop Air Quality Monitor son superados altamente por lo establecido por la ECA y la OMS, en el caso del SENAMHI los días 01, hasta el 09 de agosto y los días 22 de agosto al 05 de setiembre las mediciones están por debajo de los estándares establecidos, esto se aprecia en la Figura 38.

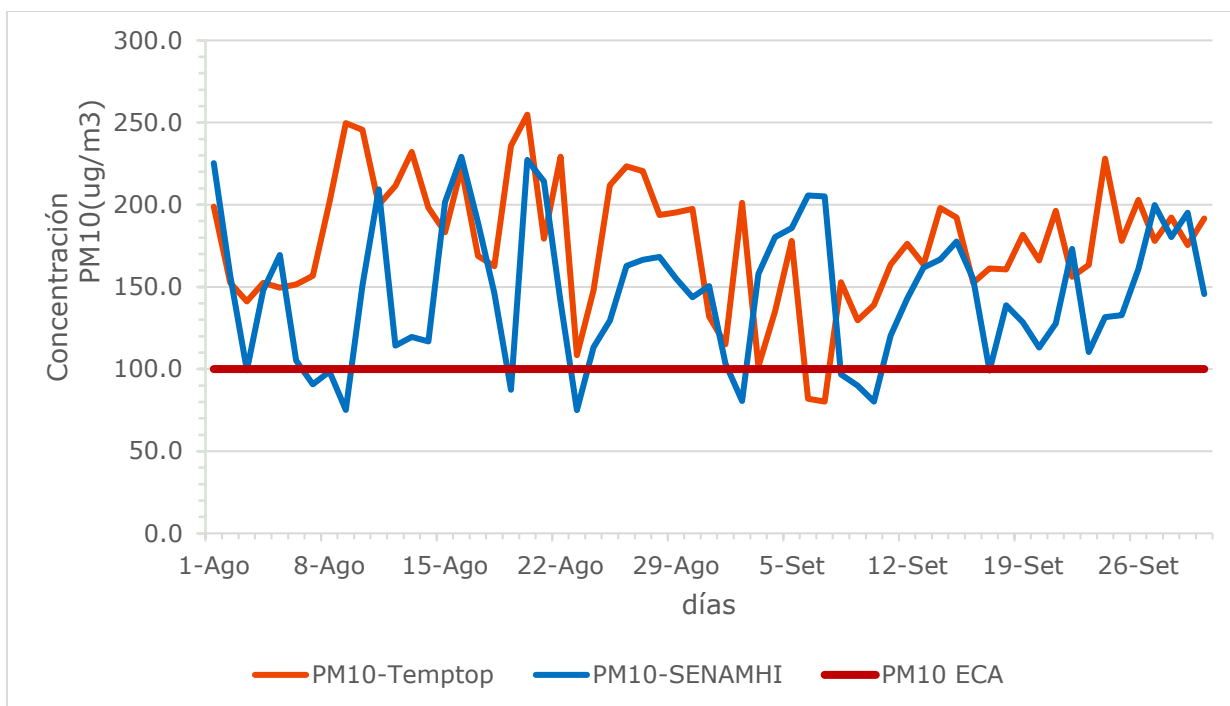


Figura 39. Análisis comparativo de la evolución del material particulado PM10 entre el Temptop Air Quality Monitor y SENAMHI, durante el año 2018, meses de agosto y setiembre

Interpretación: Comparando las mediciones del Temptop Air Quality Monitor y SENAMHI, de la Figura 39, se aprecia que los niveles de PM10 son muy altos para ambas mediciones, esto necesariamente va a devenir en la presencia de afecciones respiratorias de los pobladores de Ate, generando un problema también de carácter social y económico.

4.1.2. Resultado de Recolección de Datos de SENAMHI-INEI

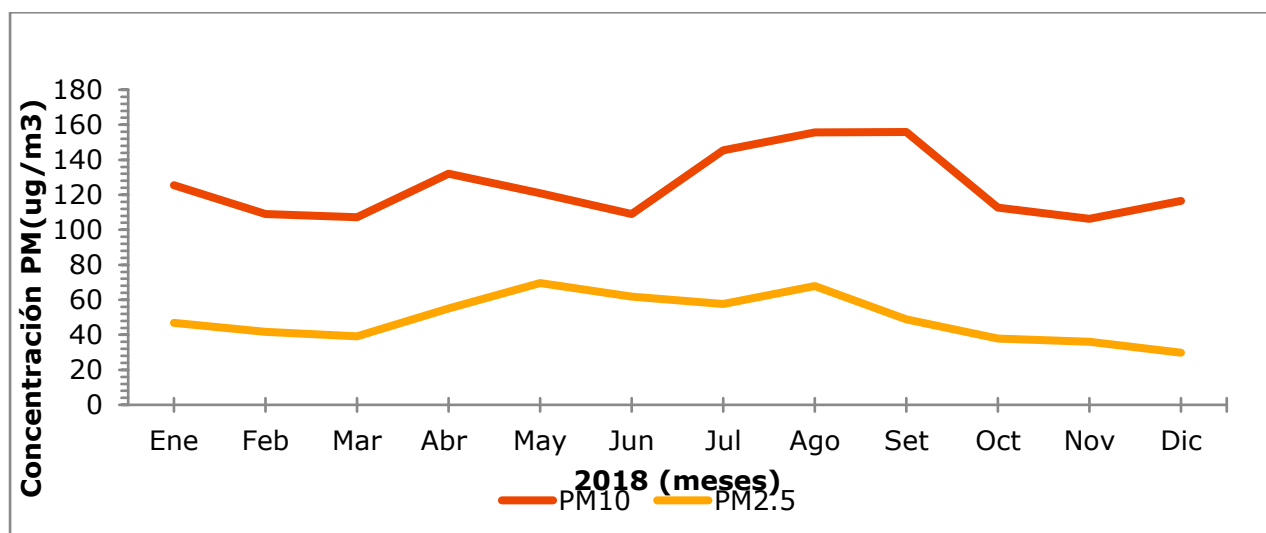


Figura 40. Evolución del material particulado PM2.5 y PM10, año 2018 según SENAMHI

$\mu\text{g}/\text{m}^3$: Microgramo por metro cúbico PM_{10} .ECA: $100.0 \mu\text{g}/\text{m}^3$ OMS: $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$; $\text{PM}_{2.5}$.ECA: $50.0 \mu\text{g}/\text{m}^3$ OMS: $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$

Fuente: Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (Senamhi)- Dirección General de Investigación y Asuntos Ambientales.

Elaboración: Instituto Nacional de Estadística e Informática INEI

Interpretación: La Figura 40 muestra que el PM₁₀ en todos los meses del año supera los niveles máximos permitidos por ECA y con respecto a las indicaciones de la OMS, están muy por encima de ellas; es claro entonces advertir que Ate es un distrito altamente contaminado por el PM₁₀. Con respecto al PM_{2.5} desde el mes de abril hasta setiembre se está por encima de los niveles máximos permitidos por ECA y la OMS., a partir de octubre se muestra una pequeña tendencia a la baja.

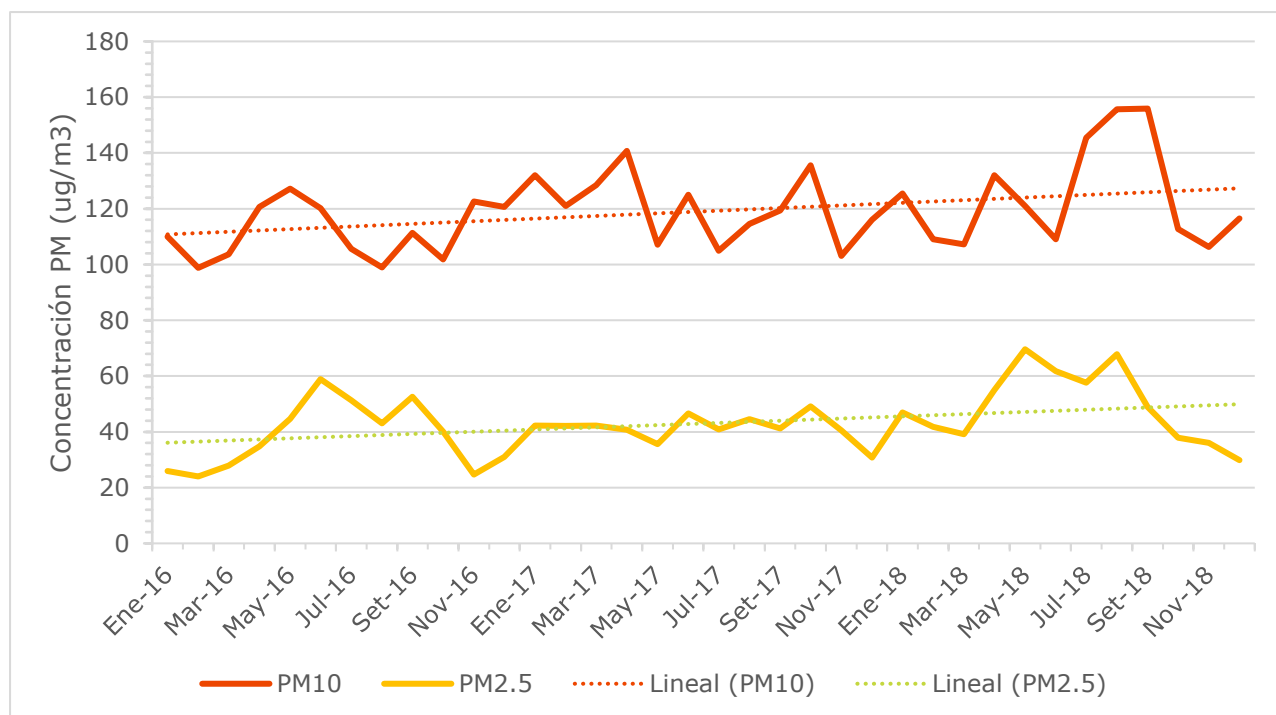


Figura 41. Evolución del material particulado PM_{2.5} y PM₁₀ durante los últimos tres años en el distrito de Ate según SENAMHI

Interpretación: En la Figura 41 se aprecia, que en el caso del PM₁₀ los tres años, 2016, 2017, 2018 consecutivos, se registran valores por encima de los máximos permitidos por ECA y la OMS, en el caso del PM_{2.5} se está por encima de los valores permisibles particularmente el mes de junio del 2016, a setiembre del mismo año; en los meses del año 2017 se está por debajo de ECA; pero encima de la OMS, en el 2018 a partir del mes de abril hasta agosto del mismo año hay un incremento importante del PM_{2.5}, en los siguientes meses se puede observar que hay una tendencia mínima a la baja.

4.1.3. Resultado de la Encuesta realizada a los pobladores de Ate

El estudio nos permitió realizar la encuesta a los pacientes que asistían a la consulta médica por problemas respiratorios al hospital de Vitarte y lugares aledaños a dicho hospital. Se les preguntó por ejemplo si habían sentido la presencia de elementos contaminantes en el aire

traducida en polvo o micropartículas, humo de carros, polvo o gases que emanan las fábricas, la respuesta a estas interrogantes se ven traducidas en la Figura 42.

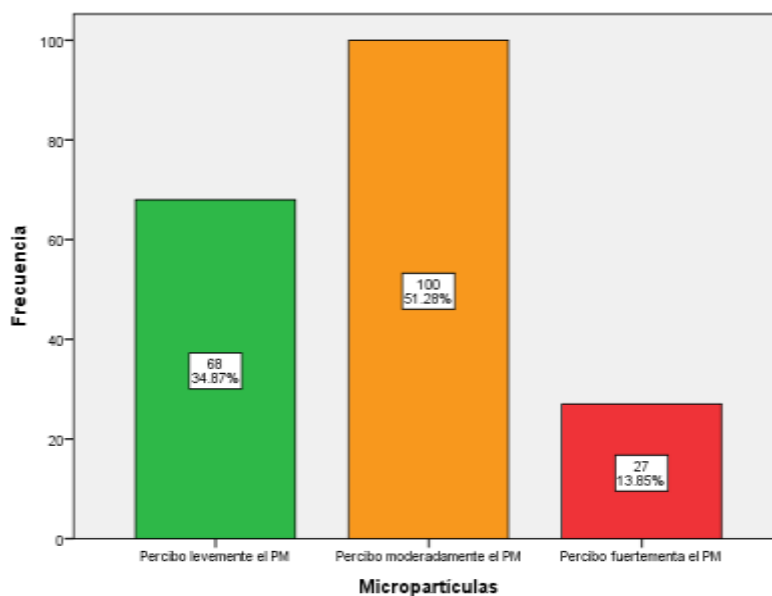


Figura 42 Frecuencia de micropartículas

Interpretación: La Figura 42 muestra la presencia de las micropartículas por parte de los entrevistados, se observa que de una muestra de 191 entrevistados el 34.87% siente la presencia de las micropartículas como leve, el 51.28% como moderadamente y el 13.85% como fuertemente, es decir en ningún caso sienten un aire limpio.

4.2. Resultados del Análisis de la variable “Presencia de Enfermedades Respiratorias”

En este ítem, se muestran las gráficas de la variable de análisis presencia de enfermedades respiratorias, estas aparecen en función de la data proporcionada por el hospital de Vitarte y de la encuesta tomada a los pobladores del distrito de Ate.

4.2.1. Resultado de Recolección de Datos del Hospital de Ate Vitarte

Las Figuras que se muestran han sido elaboradas en función a la data proporcionada por SENAMHI-INEI para las micropartículas PM₁₀ y PM_{2.5} y la data proporcionada por el hospital de Vitarte, de los pacientes atendidos por afecciones respiratorias.

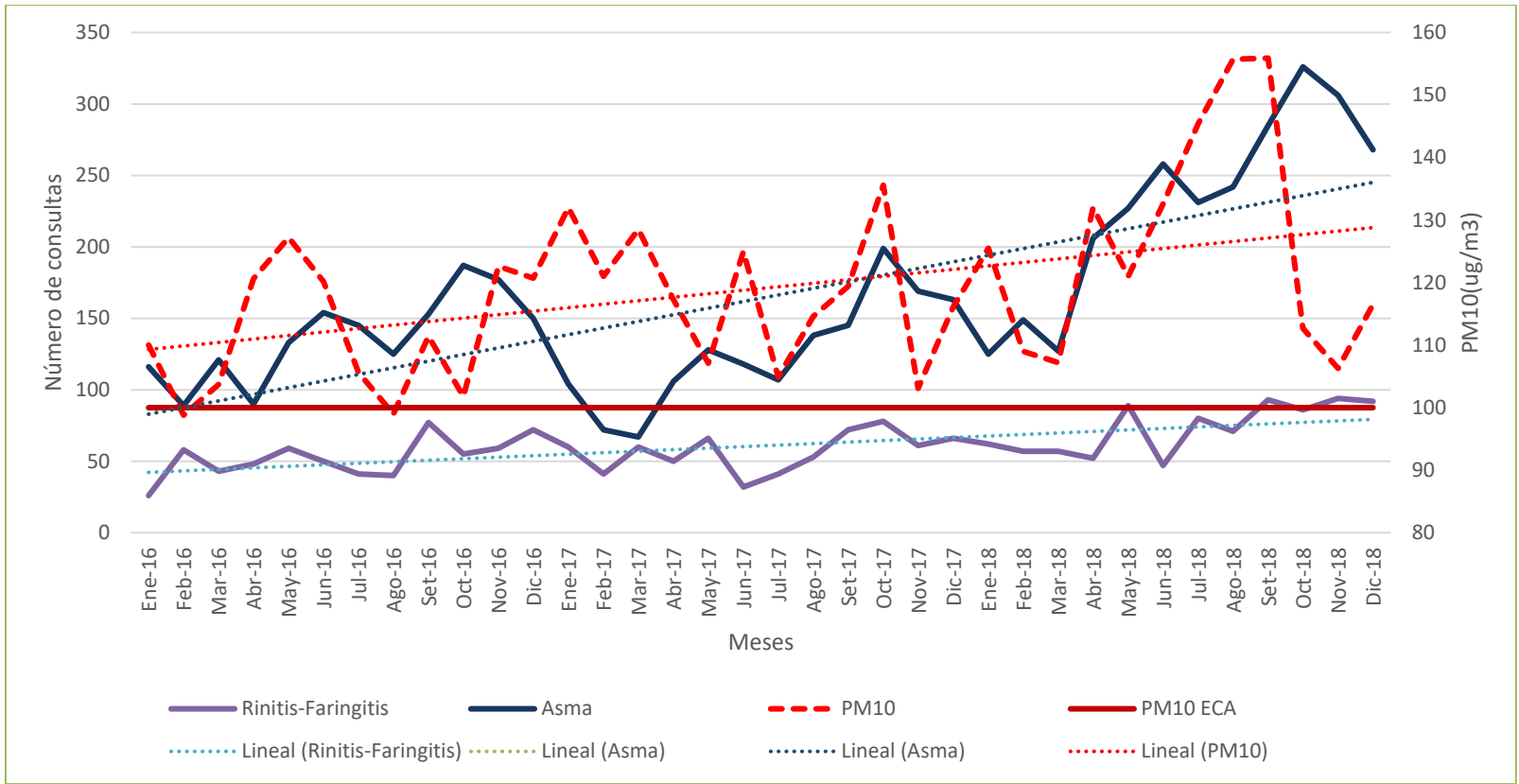


Figura 43 Evolución de la media mensual del PM10 data SENAMHI-INEI y número de consultas diagnosticadas en pacientes con asma, bronquitis - rinofaringitis en el hospital de Vitarte, durante los últimos tres años 2016, 2017, 2018

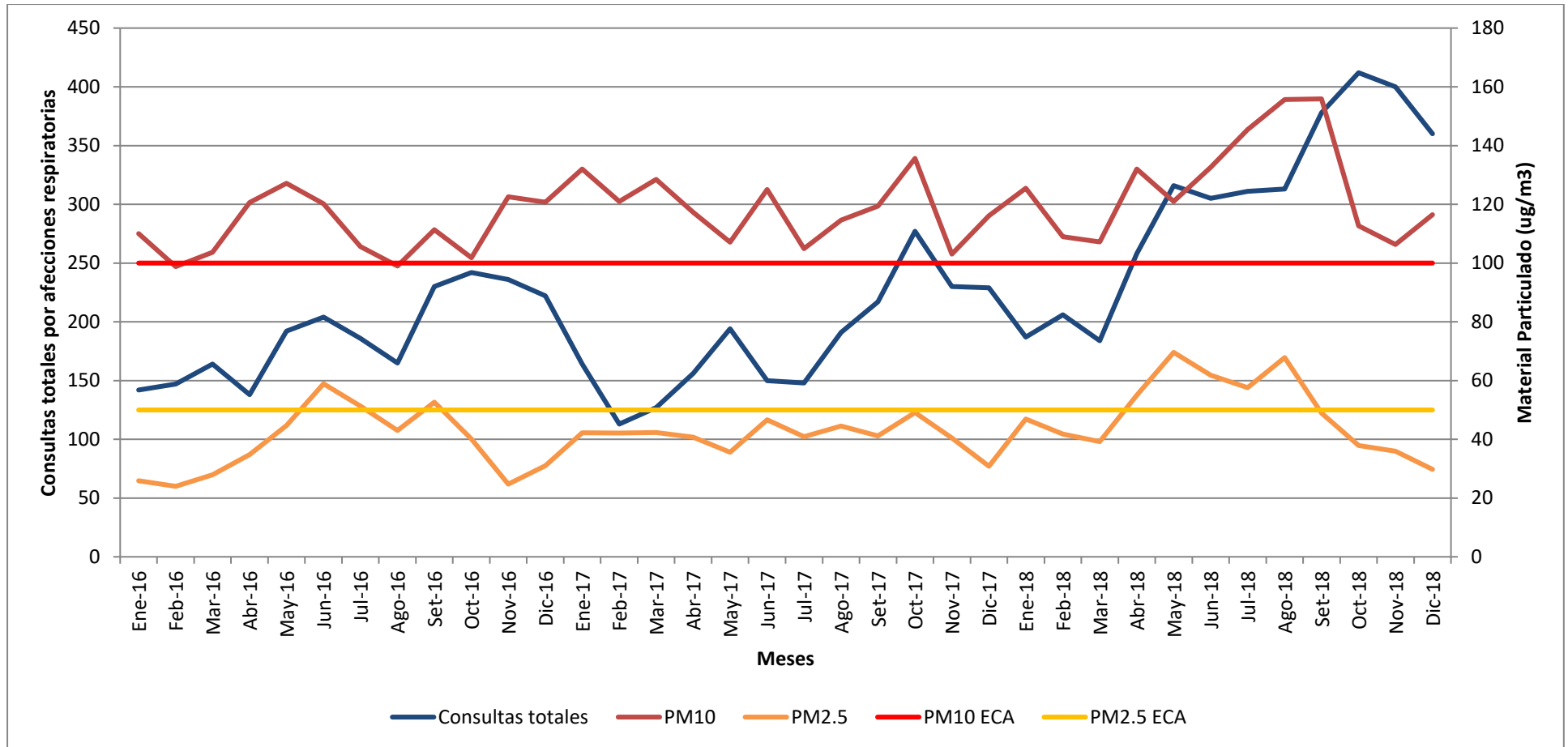


Figura 44 Evolución de la media mensual del PM₁₀ y PM_{2.5} data SENAMHI-INEI y número de consultas totales por afecciones respiratorias en el hospital de Vitarte, durante los últimos tres años 2016, 2017, 2018

Interpretación: La Figura 43 muestra que existe una marcada tendencia entre la presencia del asma y el PM₁₀, además el PM₁₀ está por encima de lo recomendado por ECA y muy lejos de los niveles máximos permitidos por la OMS, de otro lado la rinitis-faringitis está muy por encima de lo recomendado por la OMS. La Figura 44 donde observamos las consultas totales por afecciones respiratorias, se evidencia que estas siguen la misma tendencia que las micropartículas de PM₁₀.

4.2.2. Resultado de la encuesta realizada a los pacientes del hospital Vitarte-Ate

Los resultados de la encuesta se ven reflejadas en las dimensiones de la variable 2 de la Matriz de Consistencia.

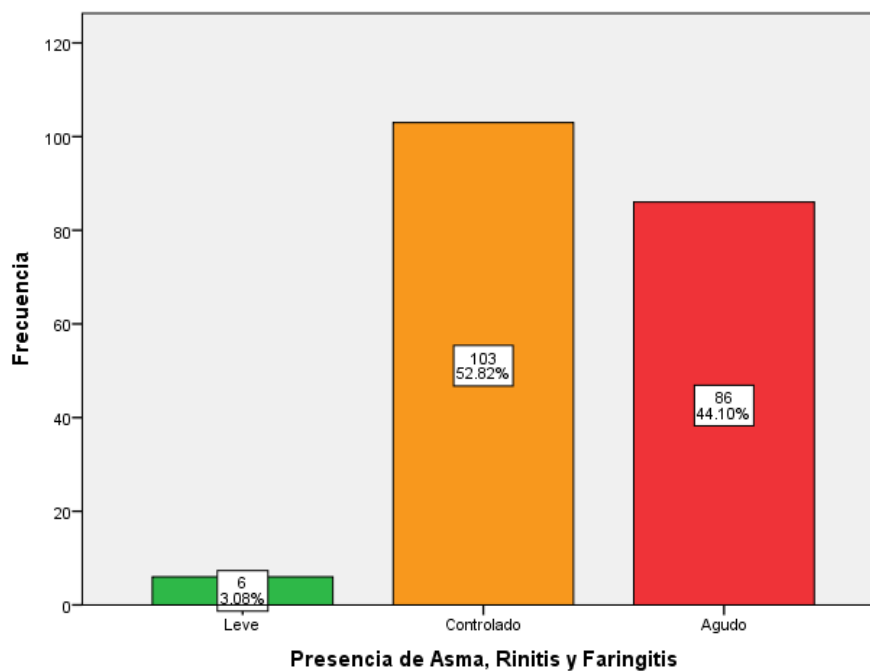


Figura 45 Frecuencia Asma, Rinitis-Faringitis

Interpretación: De la Figura 45 se puede observar que la mayoría de los entrevistados tienen de algún modo su afección respiratoria controlada, siendo esta del orden del 52.82% y el 44.10% siente que su afección respiratoria es aguda y son de los pacientes que visitan al hospital de Vitarte tres o más veces al año.

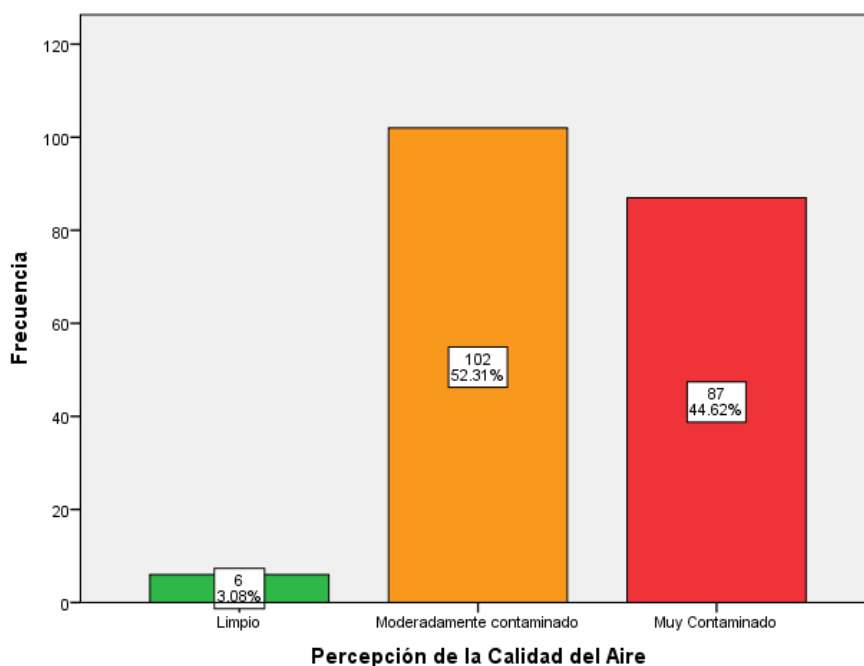


Figura 46 Frecuencia de la percepción de la calidad de aire

Interpretación: La Figura 46 muestra que la percepción de la calidad del aire en los pacientes del hospital de Vitarte es de moderadamente contaminado, esto es concordante con los resultados que se muestran en la Figura 45 donde la mayoría de los encuestados siente que su afección respiratoria es controlada, dándose también el caso que el 44.62% siente que el aire es muy contaminado y por lo tanto su afección respiratoria es aguda para el 44.10%; estas ilustraciones son importantes porque ponen en evidencia lo que planteamos en el trabajo de investigación donde de manera estricta podemos decir que la presencia de micropartículas PM_{10} y $PM_{2.5}$ originan la presencia de enfermedades respiratorias.

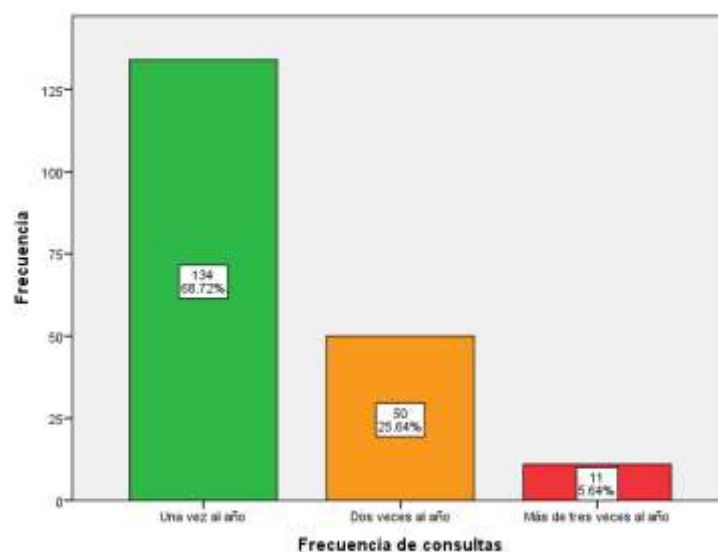


Figura 47 Frecuencia de consultas hospitalarias

Interpretación: Concordante con la Figura 46, podemos observar la Figura 47, pues los que creen que el aire es limpio asisten a lo más una vez al año a una consulta médica, los que sienten el aire moderadamente contaminado reciben dos asistencias médicas, del mismo modo los que sienten un ambiente muy contaminado se acercan al hospital más de tres veces al año.

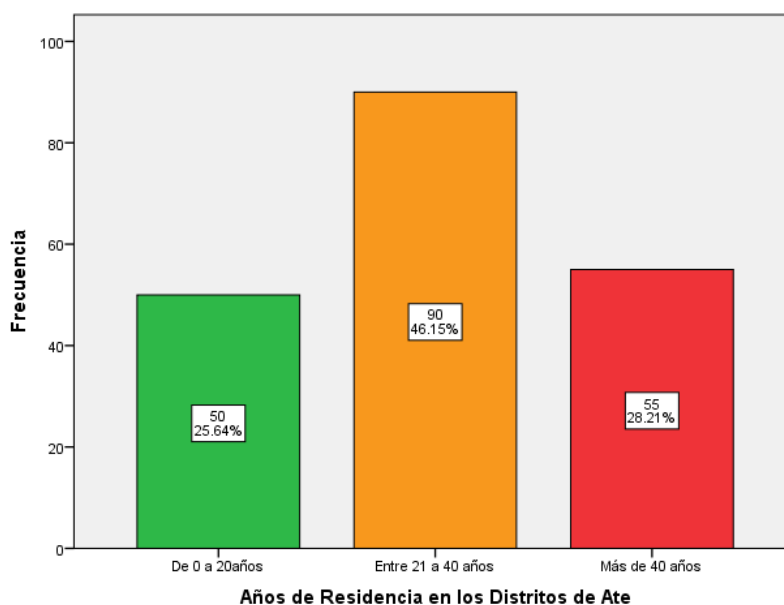


Figura 48. Años de residencia en el Distrito de Ate

Interpretación: La cantidad de años de residencia en la zona de estudio es también de importancia, la Figura 48 muestra que cuanto mayor es la cantidad de años vividos en la zona de Ate, el paciente o poblador siente que las afecciones respiratorias son más intensas.

4.3. Resultado del Análisis de la Base de Datos proporcionados por SENAMHI-INEI y el Hospital de Vitarte

Para el modelo hemos utilizado la Distribución de Probabilidad de Poisson en SPSS, función de enlace logaritmo y variables dependientes Asma, Rinitis-Faringitis y Consultas totales.

Información de modelo

Variable dependiente	Asma
Distribución de probabilidad	<u>Poisson</u>
Función de enlace	Logaritmo

4.3.1. Consultas de Asma

Tabla 14. Resumen de la prueba ómnibus aplicada al modelo PM-Asma

Prueba ómnibus

Chi-cuadrado de razón de verosimilitud	gl	Sig.
4.304	1	.038

Variable dependiente: Asma

Modelo: (Intersección), PM10

a. Compara el modelo ajustado con el modelo de sólo intersección.

Tabla 15. Resumen de la prueba de efectos del modelo aplicado al PM10-Asma

Pruebas de efectos del modelo

Origen	Tipo III		
	Chi-cuadrado de Wald	gl	Sig.
(Intersección)	62.235	1	.000
PM10	4.455	1	.035

Variable dependiente: Asma

Modelo: (Intersección), PM10

Tabla 16. Estimaciones de parámetro del modelo PM-Asma

Estimaciones de parámetro

Parámetro	B	Error estándar	95% de intervalo de confianza de Wald		Contraste de hipótesis			Exp(B)	95% de intervalo de confianza de Wald para Exp(B)	
			Inferior	Superior	Chi-cuadrado de Wald	gl	Sig.		Inferior	Superior
(Intersección)	4.037	.5117	3.034	5.040	62.235	1	.000	56.643	20.777	154.420
PM10	.009	.0042	.001	.017	4.455	1	.035	1.009	1.001	1.017
(Escala)	23.145 ^a									

Variable dependiente: Asma

Modelo: (Intersección), PM10

a. Se calcula basándose en la desviación.

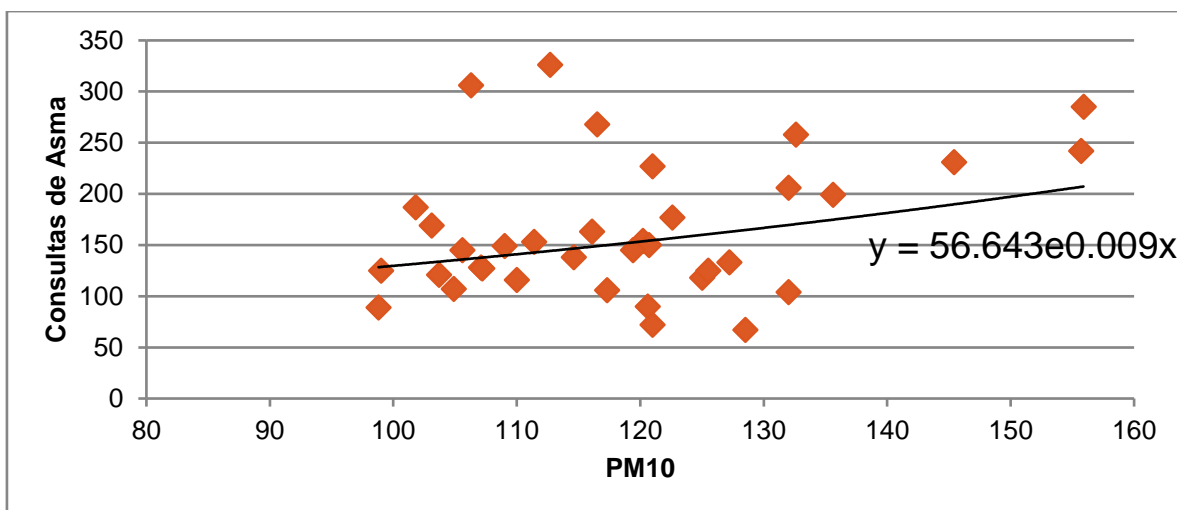


Figura 49. Gráfica de dispersión entre las consultas de asma (eje Y) y el PM10 (eje X) donde se incluye la línea de tendencia exponencial y la ecuación del modelo logarítmico.

Interpretación: El asma que es la variable dependiente, para el modelo y es una función exponencial donde de la tabla de estimación de parámetros hallamos el exponente de e (base de los logaritmos naturales), para el caso 0.009 que es la intersección del PM10 con B , 56.643 es el valor de e^B , donde $B=4.037$, x es la variable independiente, las micropartículas.

4.3.2. Consultas de Rinitis - Faringitis

Tabla 17. Resumen de la prueba ómnibus aplicada al modelo PM-Rinitis y Faringitis

Prueba ómnibus

Chi-cuadrado de razón de verosimilitud	gl	Sig.
3.823	1	.051

Variable dependiente: Rinitis-Faringitis

Modelo: (Intersección), PM10

a. Compara el modelo ajustado con el modelo de sólo intersección.

Tabla 18. Resumen de la prueba de efectos del modelo aplicado al modelo PM10-Rinitis y Faringitis

Pruebas de efectos del modelo

Origen	Tipo III		
	Chi-cuadrado de Wald	gl	Sig.
(Intersección)	77.489	1	.000
PM10	3.919	1	.048

Variable dependiente: Rinitis-Faringitis

Modelo: (Intersección), PM10

Tabla 19. Estimaciones de parámetro del modelo PM10 y Rinitis - Faringitis

Estimaciones de parámetro

Parámetro	B	Error estándar	95% de intervalo de confianza de Wald		Contraste de hipótesis			Exp(B)	95% de intervalo de confianza de Wald para Exp(B)	
			Inferior	Superior	Chi-cuadrado de Wald	gl	Sig.		Inferior	Superior
(Intersección)	3.361	.3818	2.613	4.109	77.489	1	.000	28.818	13.635	60.907
PM10 (Escala)	.006	.0031	6.198E-5	.012	3.919	1	.048	1.006	1.000	1.012
	4.675 ^a									

Variable dependiente: Rinitis-Faringitis

Modelo: (Intersección), PM10

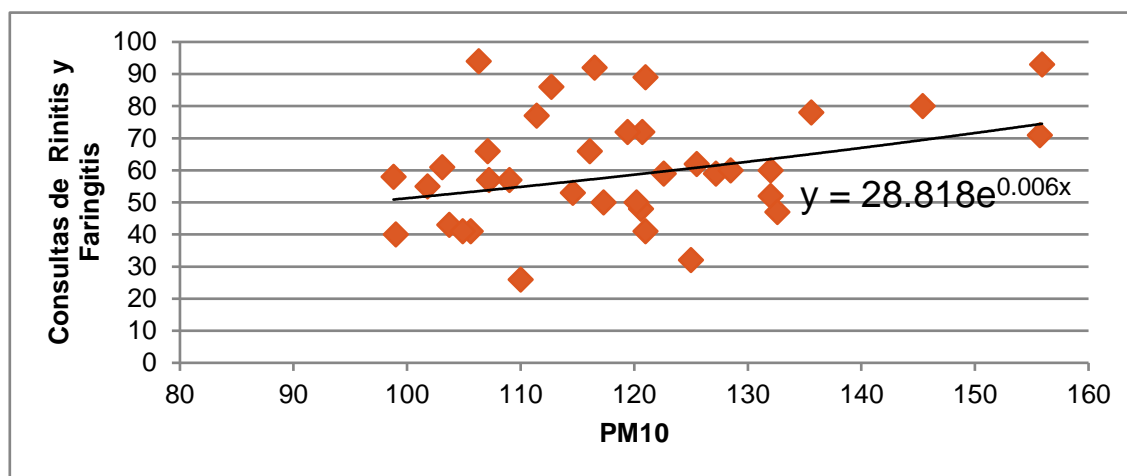


Figura 50 Gráfica de dispersión entre las consultas de rinitis y faringitis (eje Y) y el PM10 (eje X) donde se incluye la línea de tendencia exponencial y la ecuación del modelo logarítmico.

Interpretación:

La rinitis-faringitis es la variable dependiente y , es una función exponencial donde de la tabla de estimación de parámetros hallamos el exponente de e (base de los logaritmos naturales), para el caso **0.006** que es la intersección del PM10 con **B**; **28.818** es el valor de e^B , donde **B=3.361**, x es la variable independiente, las micropartículas.

4.3.3. Consultas totales

Tabla 20. Resumen de la prueba ómnibus aplicada al modelo PM-Consultas totales

Prueba ómnibus

Chi-cuadrado de razón de verosimilitud	gl	Sig.
4.819	1	.028

Variable dependiente: Consultas Totales

Modelo: (Intersección), PM10

a. Compara el modelo ajustado con el modelo de sólo intersección.

Tabla 21 Resumen de la prueba de efectos del modelo aplicado al modelo PM10, Rinitis - Faringitis

Pruebas de efectos del modelo

Origen	Tipo III		
	Chi-cuadrado de Wald	gl	Sig.
(Intersección)	99.315	1	.000
PM10	4.975	1	.026

Variable dependiente: Consultas Totales

Modelo: (Intersección), PM10

Tabla 22. Estimaciones de parámetro del modelo PM- Consultas totales

Estimaciones de parámetro

Parámetro	B	Error estándar	95% de intervalo de confianza de Wald		Contraste de hipótesis			Exp(B)	95% de intervalo de confianza de Wald para Exp(B)	
			Inferior	Superior	Chi-cuadrado de Wald	gl	Sig.		Inferior	Superior
(Intersección)	4.437	.4452	3.564	5.309	99.315	1	.000	84.510	35.313	202.243
PM10	.008	.0037	.001	.015	4.975	1	.026	1.008	1.001	1.015
(Escala)	23.881 ^a									

Variable dependiente: ConsultasTotales

Modelo: (Intersección), PM10

a. Se calcula basándose en la desviación.

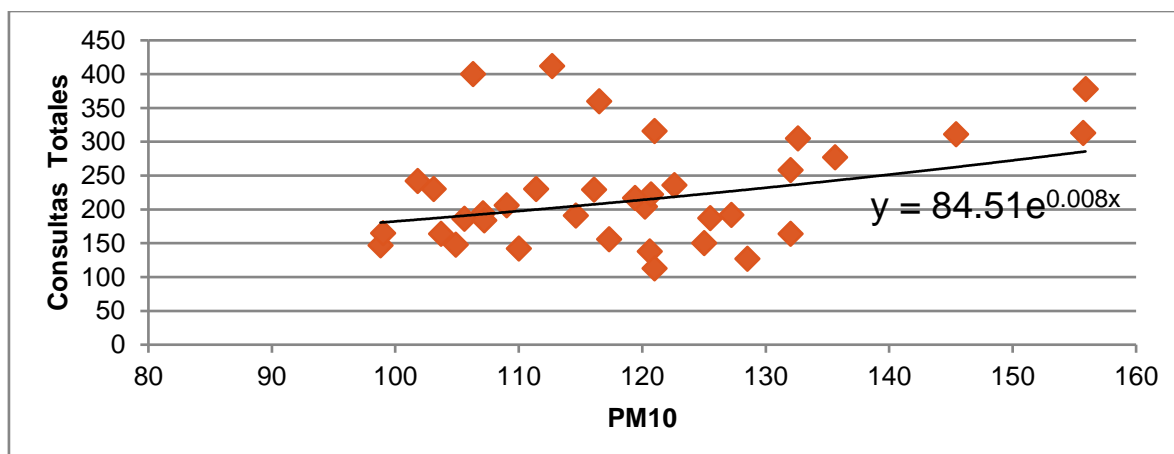


Figura 51 Gráfica de dispersión entre las consultas totales (eje Y) y el PM10 (eje X) donde se incluye la línea de tendencia exponencial y la ecuación del modelo logarítmico.

Interpretación:

Consultas totales variable dependiente y es una función exponencial donde de la tabla de estimación de parámetros hallamos el exponente de e (base de los logaritmos naturales), en

nuestro caso **0.008** que es la intersección del PM10 con **B; 84.51** es el valor de e^B , donde **B=4.437**, **x** es la variable independiente, las micropartículas.

Para todos los casos analizados para el modelo el valor de significancia se toma de la Prueba Ómnibus y de las Pruebas de efectos del modelo para el PM10 en ambos casos son menor de 0.05.

También vale mencionar que los valores del PM₁₀ son muy dispersos, razón por la hemos utilizado la Distribución de Probabilidad de Poisson en SPSS

4.4 Contrastación de hipótesis.

4.4.1 Hipótesis General

HO. La polución ambiental por micropartículas PM2.5 y PM10, no influye positivamente en la presencia de enfermedades respiratorias en los pobladores del distrito de Ate.

HA.- La polución ambiental por micropartículas PM2.5 y PM10, si influye positivamente en la presencia de enfermedades respiratorias en los pobladores del distrito de Ate.

Nivel de confianza: 95% nivel de significación: 5%

Estadístico de prueba: Chi cuadrado de Pearson

Tabla 23. Tabla que relaciona la percepción de la polución por micropartículas con las afecciones respiratorias

Recuento

		Afecciones Respiratorias			Total
		Leve	Moderado	Alto	
Micropartículas	Percibo levemente el PM	3	65	0	68
	Percibo moderadamente el PM	0	100	0	100
	Percibo fuertemente el PM	3	23	1	27
Total		6	188	1	195

Tabla 24. Pruebas de chi-cuadrado

Pruebas de chi-cuadrado

	Valor	gl	Significación asintótica (bilateral)
Chi-cuadrado de Pearson	15.848 ^a	4	.003
Razón de verosimilitud	14.325	4	.006
Asociación lineal por lineal	.001	1	.977
N de casos válidos	195		

a. 6 casillas (66.7%) han esperado un recuento menor que 5. El recuento mínimo esperado es .14.

Tabla 25. Tabla de frecuencia sobre la percepción del material particulado

Micropartículas

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	Percibo levemente el PM	68	34.9	34.9	34.9
	Percibo moderadamente el PM	100	51.3	51.3	86.2
	Percibo fuertemente el PM	27	13.8	13.8	100.0
	Total	195	100.0	100.0	

Tabla 26 Tabla de frecuencia sobre las afecciones respiratorias

Afecciones Respiratorias

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	Leve	6	3.1	3.1	3.1
	Moderado	188	96.4	96.4	99.5
	Alto	1	.5	.5	100.0
	Total	195	100.0	100.0	

Decisión: Dado que $p < 0.05$ (significación asintótica bilateral) se rechaza la H_0 hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna.

4.4.2 Hipótesis específicas**4.4.2.1 Hipótesis específica 1**

HO. - La polución ambiental por micropartículas PM2.5 y PM10, no influye positivamente en la presencia de asma, rinitis-faringitis en los pobladores del distrito de Ate.

HA. - La polución ambiental por micropartículas PM2.5 y PM10, si influye positivamente en la presencia de asma, rinitis-faringitis en los pobladores del distrito de Ate.

Nivel de confianza: 95% nivel de significación: 5%

Estadístico de prueba: Coeficiente Chi-cuadrado de Pearson

Tabla 27 Tabla que relaciona la percepción de la polución por micropartículas con la presencia de Asma, Rinitis-Faringitis

Tabla cruzada Micropartículas*Presencia de Asma, Rinitis -Faringitis

Recuento

		Presencia de Asma, Rinitis y Faringitis			Total
		Leve	Controlado	Agudo	
Micropartículas	Percibo levemente el PM	1	46	21	68
	Percibo moderadamente el PM	1	41	58	100
	Percibo fuertemente el PM	4	16	7	27
Total		6	103	86	195

Tabla 28 Pruebas de chi-cuadrado Micropartículas y presencia de Asma- y Rinitis-Faringitis

Pruebas de chi-cuadrado

	Valor	gl	Significación asintótica (bilateral)
Chi-cuadrado de Pearson	28.846 ^a	4	.000
Razón de verosimilitud	23.890	4	.000
Asociación lineal por lineal	.001	1	.972
N de casos válidos	195		

a. 3 casillas (33.3%) han esperado un recuento menor que 5. El recuento mínimo esperado es .83.

Tabla 29. Tabla de frecuencia sobre la percepción del material particulado

Micropartículas

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	Percibo levemente el PM	68	34.9	34.9	34.9
	Percibo moderadamente el PM	100	51.3	51.3	86.2
	Percibo fuertemente el PM	27	13.8	13.8	100.0
Total		195	100.0	100.0	

Tabla 30. Tabla de frecuencia sobre la presencia de Asma, Rinitis y Faringitis.

Presencia de Asma, Rinitis y Faringitis

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	Leve	6	3.1	3.1	3.1
	Controlado	103	52.8	52.8	55.9
	Agudo	86	44.1	44.1	100.0
	Total	195	100.0	100.0	

Decisión: La polución ambiental por micropartículas PM10 influye en la presencia de asma, rinitis-faringitis en los pobladores del distrito de Ate, al usar el estadístico de prueba, Coeficiente Chi-cuadrado de Pearson queda demostrado que esta afirmación es verdadera pues la significación asintótica (bilateral) es menor de 0.050 y que de la mayoría de los encuestados de una muestra de 195, el 51.28% percibe la presencia del PM10 moderadamente y el nivel de su afección respiratoria es controlada para un 52.82%, del mismo modo para aquellos pacientes que sienten una presencia fuerte del PM10, 13.85% la presencia de las afecciones respiratorias nombradas es aguda, siendo esta del orden del 44.10%. Es claro que estas cifras muestran una tendencia de cómo la presencia de micropartículas está ligada a la presencia de las enfermedades mencionadas.

4.4.2.2 Hipótesis específica 2

HO. - La polución ambiental por micropartículas PM2.5 y PM10, no influye en la percepción de la calidad del aire en los pobladores del distrito de Ate.

HA. - La polución ambiental por micropartículas PM2.5 y PM10, si influye en la percepción de la calidad del aire en los pobladores del distrito de Ate.

Nivel de confianza: 95% nivel de significación: 5%

Estadístico de prueba: Coeficiente Chi-cuadrado de Pearson

Tabla 31. Tabla que relaciona la percepción de la polución por micropartículas con la percepción de la Calidad del Aire

Tabla cruzada Micropartículas*Percepción de la Calidad del Aire

Recuento

		Percepción de la Calidad del Aire			Total
		Limpio	Moderadamente contaminado	Muy Contaminado	
Micropartículas	Percibo levemente el PM	1	45	22	68
	Percibo moderadamente el PM	1	41	58	100
	Percibo fuertemente el PM	4	16	7	27
Total		6	102	87	195

Tabla 32 Pruebas de chi-cuadrado de Micropartículas y Percepción de la Calidad del Aire

Pruebas de chi-cuadrado

	Valor	gl	Significación asintótica (bilateral)
Chi-cuadrado de Pearson	27.678 ^a	4	.000
Razón de verosimilitud	22.730	4	.000
Asociación lineal por lineal	.036	1	.850
N de casos válidos	195		

a. 3 casillas (33.3%) han esperado un recuento menor que 5. El recuento mínimo esperado es .83.

Tabla 33. Tabla de frecuencia sobre la percepción del material particulado

Micropartículas

	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido Percibo levemente el PM	68	34.9	34.9	34.9
Percibo moderadamente el PM	100	51.3	51.3	86.2
Percibo fuertementa el PM	27	13.8	13.8	100.0
Total	195	100.0	100.0	

Tabla 34. Tabla de frecuencia sobre la percepción de la calidad del aire

Percepción de la Calidad del Aire

	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido Limpio	6	3.1	3.1	3.1
Moderadamente contaminado	102	52.3	52.3	55.4
Muy Contaminado	87	44.6	44.6	100.0
Total	195	100.0	100.0	

Decisión:

En lo relacionado a percepción de la calidad del aire por presencia de micropartículas PM10 en los encuestados el 51.28% percibe moderadamente la presencia del PM10 y también siente que el nivel de contaminación es moderado para el 52.31%; para aquellos que perciben que la presencia del PM10 es fuerte, la percepción de la calidad del aire que tienen es de muy contaminado. Usando el mismo estadístico de prueba que para el caso anterior, Coeficiente

Chi-cuadrado de Pearson observamos que el nivel de significancia asintótica es 0.000. que como es menor que 0.050 nos conduce a rechazar la hipótesis nula, concluyendo que existe dependencia entre las variables analizadas.

4.4.2.3 Hipótesis específica 3

HO. - La polución ambiental por micropartículas PM2.5 y PM10, no influye en la frecuencia de consultas hospitalarias en los pobladores del distrito de Ate.

HA. - La polución ambiental por micropartículas PM2.5 y PM10, si influye en la frecuencia de consultas hospitalarias en los pobladores del distrito de Ate.

Nivel de confianza: 95% nivel de significación: 5%

Estadístico de prueba: Coeficiente Chi-cuadrado de Pearson

Tabla 35 Tabla que relaciona la percepción de la polución por micropartículas con la frecuencia de consultas

Tabla cruzada Micropartículas*Frecuencia de consultas

Recuento

		Frecuencia de consultas			Total
		Una vez al año	Dos veces al año	Más de tres veces al año	
Micropartículas	Percibo levemente el PM	68	0	0	68
	Percibo moderadamente el PM	48	45	7	100
	Percibo fuertementa el PM	18	5	4	27
Total		134	50	11	195

Tabla 36 Pruebas de chi-cuadrado de Pearson Micropartículas y Frecuencia de Consultas

Pruebas de chi-cuadrado

	Valor	gl	Significación asintótica (bilateral)
Chi-cuadrado de Pearson	56.724 ^a	4	.000
Razón de verosimilitud	73.599	4	.000
Asociación lineal por lineal	26.377	1	.000
N de casos válidos	195		

a. 2 casillas (22.2%) han esperado un recuento menor que 5. El recuento mínimo esperado es 1.52.

Tabla 37 Tabla de frecuencia sobre la percepción del material particulado

Micropartículas		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	Percibo levemente el PM	68	34.9	34.9	34.9
	Percibo moderadamente el PM	100	51.3	51.3	86.2
	Percibo fuertemente el PM	27	13.8	13.8	100.0
	Total	195	100.0	100.0	

Tabla 38 Tabla de frecuencia de consultas

Frecuencia de consultas		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	Una vez al año	134	68.7	68.7	68.7
	Dos veces al año	50	25.6	25.6	94.4
	Más de tres veces al año	11	5.6	5.6	100.0
	Total	195	100.0	100.0	

Decisión: La presencia de micropartículas PM10 está relacionada con la frecuencia de consultas, es decir para una percepción moderada del PM10 que es de 51.28% y para la misma muestra de 195, la frecuencia de consultas es de 25.64%, es decir la proporción de tolerancia a las condiciones de polución por micropartículas es del orden del 50%, como de la prueba chi cuadrado de Pearson el nivel de significancia asintótica es de 0.000 que al ser menor que 0.050, nos lleva a plantear que existe influencia entre las variables analizadas.

4.4.2.4 Hipótesis específica 4

HO. - La polución ambiental por micropartículas PM2.5 y PM10, no influye en los años de residencia en los pobladores del distrito de Ate.

HA.- La polución ambiental por micropartículas PM2.5 y PM10, si influye en los años de residencia en los pobladores del distrito de Ate.

Nivel de confianza: 95% nivel de significación: 5%

Estadístico de prueba: Coeficiente Chi-cuadrado de Pearson

Tabla 39. Tabla que relaciona la percepción de la polución por micropartículas con los años de residencia en los distritos de Ate

Resumen de procesamiento de casos

	Casos					
	Válidos		Perdidos		Total	
	N	Porcentaje	N	Porcentaje	N	Porcentaje
Micropartículas * Años de Residencia en los Distritos de Ate	195	100.0%	0	0.0%	195	100.0%

Tabla 40 Pruebas de chi-cuadrado Micropartículas y Años de Residencia en el distrito de Ate

	Valor	gl	Significación asintótica (bilateral)
Chi-cuadrado de Pearson	77.299 ^a	4	.000
Razón de verosimilitud	80.589	4	.000
Asociación lineal por lineal	53.649	1	.000
N de casos válidos	195		

a. 0 casillas (0.0%) han esperado un recuento menor que 5. El recuento mínimo esperado es 6.92.

Tabla 41. Tabla de frecuencia sobre la percepción del material particulado

Micropartículas

	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido Percibo levemente el PM	68	34.9	34.9	34.9
Percibo moderadamente el PM	100	51.3	51.3	86.2
Percibo fuertemente el PM	27	13.8	13.8	100.0
Total	195	100.0	100.0	

Tabla 42 Tabla de frecuencia sobre los años de residencia en el distrito de Ate

Años de Residencia en el Distritos de Ate

	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido De 0 a 20años	50	25.6	25.6	25.6
Entre 21 a 40 años	90	46.2	46.2	71.8
Más de 40 años	55	28.2	28.2	100.0
Total	195	100.0	100.0	

Decisión: La polución por micropartículas y los años de residencia de los pobladores también evidencia una dependencia entre las variables analizadas, el 51.28% de pobladores que percibe moderadamente la presencia del PM10, tiene entre 21 y 40 años de residencia, siendo este porcentaje del 46.15%, evidenciando el carácter acumulativo de las micropartículas, el estadístico de prueba es el mismo para todos los casos de las variables en estudio, siendo también el nivel de significancia asintótica el mismo para los cuatro casos listados.

4.5 Discusión de resultados.

El estudio realizado evidencia que la polución por micropartículas particularmente PM10, en el distrito de Ate supera los máximos permitidos por la OMS, entidad de la Organización de las Naciones Unidas (ONU) que es la encargada de gestionar las políticas sanitarias a nivel mundial, está especializada en la prevención y control de la salud a nivel mundial; de otro lado la presencia de enfermedades respiratorias como consecuencia de este grado de polución se deben al hecho de haber superado los máximos permisibles por la OMS en cuanto a la presencia del PM10 en el aire.

1.- Según la OMS (OMS, 2005a) el nivel máximo permitido en el aire particularmente para el PM10 es de $20\mu\text{g}/\text{m}^3$ como media anual y de $50\mu\text{g}/\text{m}^3$ como media de 24 horas, para el Perú los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) considera que los Límites Máximos Permisibles son de $100\mu\text{g}/\text{m}^3$ como media en general para el PM₁₀. Los datos proporcionados por SENAMHI-INEI en todos los casos de medición sea diaria, mensual, anual están muy por encima a lo sugerido por la OMS y ECA, esta realidad es de mucha preocupación toda vez que para la OMS la salud humana se define como un conjunto de bienestar, físico, mental y social.

2.- En el caso de la investigación realizada por (Narváez, Castrillón, Molina, Remington, & Antioquia, 2016) respecto a la polución ambiental por micropartículas, para el caso estudiado el PM10, sus niveles máximos permitidos son igual que el nuestro, es decir de $100\mu\text{g}/\text{m}^3$, en un análisis diario llamado ciclo de 24 horas pudieron observar la existencia de picos de concentración de PM10 en diferentes horas del día. En el caso del estudio presentado durante un día el nivel máximo permitido es superado durante las 24 horas del día y en algunas horas con saltos de hasta 4 veces mayor de los niveles máximos permitidos. La investigación a la que se hace mención para muestra la morbilidad por hospitalizaciones durante el año 2013 y de manera general para todas las enfermedades respiratorias, el caso nuestro las estadísticas a la que tuvimos acceso hacen referencia a las consultas respiratorias, pero se diferencian las

enfermedades respiratorias con mayor incidencia en la población de Ate. El rango de estudio en el tiempo es de tres años.

3.- Respecto a la normatividad, que significa el cumplimiento de las directrices sobre la calidad del aire, son los gobiernos de cada país a través de sus respectivos ministerios y/o equivalentes los encargados de su cumplimiento, al respecto (Muñoz et al., 2007) menciona que desde años atrás el Banco Mundial, bajo la iniciativa de aire limpio en coordinación con la OMS, lanzaron un Plan regional sobre la calidad del aire urbano y la salud para Latinoamérica, este plan tenía que ver con la vigilancia del impacto de la contaminación ambiental sobre la salud, la evidencia de que la mala calidad del aire era de un impacto muy fuerte en la salud humana, la OMS trazó nuevas directrices sobre la calidad del aire aplicables en todo el mundo y de cumplimiento en Europa. , para sensibilizar a los estados, la OMS acepta que los gobiernos establezcan sus normas nacionales acerca de la calidad del aire para mejorar la salud de la población, en el caso del Perú el ministerio del ambiente está alejado de esta directriz (Ministerio del Ambiente, 2011) donde se puede observar que no se han cumplido en materia ambiental, caso del aire, el objetivo general, ni los específicos ni las metas programadas al 2011.

4.- En el trabajo de (Oyarzún, 2010), el cual es un artículo que se basa en una conferencia pronunciada en el 1er Congreso de Atención Primaria en Salud: “Mejorando la red asistencial con un enfoque multidisciplinario” realizado en la Facultad de Ciencias de la Salud en la Universidad Católica del Maule. El autor hace referencia a estudios realizados en dos ciudades de Chile, Santiago de Chile y Temuco, donde manifiesta que dichos estudios confirmaban los resultados de , donde se menciona que un incremento de $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de incremento en los niveles de PM10 en 24 horas producía un incremento de alrededor del 3% de la mortalidad general y de manera particular en la mortalidad respiratoria y cardiovascular, en la Figura 44 del presente trabajo, evidenciamos que un incremento del PM10 en un análisis de tiempo mensual, produce un incremento de las consultas totales por afecciones respiratorias en el hospital de Vitarte. No tenemos información de casos de muerte registrados por afecciones respiratorias; pero la inmensa información existente de trabajos realizados en muchos países del mundo donde se habla no solo de morbilidad sino de mortandad, es seguro que nosotros también somos parte de esa tragedia que afecta a los pobladores de Ate.

CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones.

1.- La polución ambiental por micropartícula PM_{10} y $PM_{2.5}$ influye en la presencia de afecciones respiratorias tales como el asma y la rinitis-faringitis, siendo más significativa en el caso del asma, pues un incremento del PM_{10} en periodos significativos del año trae consigo un incremento del asma, para el caso de la rinitis-faringitis se mantiene la tendencia, pero no de manera significativa.

2.- La polución ambiental por micropartícula PM_{10} y $PM_{2.5}$ influye en la percepción de la calidad del aire, pues los pobladores perciben la presencia del PM_{10} como muy fuerte y sienten que el aire que respiran es muy contaminado.

3.- La polución ambiental por micropartícula PM_{10} y $PM_{2.5}$ influye en la frecuencia de consultas hospitalarias, pues los que perciben que la contaminación por micropartículas es moderada tienen dos consultas en el centro hospitalario en el área de neumología, dándose el caso también de los que perciben fuertemente la presencia del material particulado tienen más de tres consultas por año.

4.- La polución ambiental por presencia de micropartículas PM_{10} y $PM_{2.5}$ influye en los años de permanencia en el distrito en los pobladores, los que viven menos de 40 años perciben que la presencia de las micropartículas es moderada, no ocurriendo lo mismo con los que viven más de 40 años en el distrito que lo perciben como fuerte, esto estaría confirmando el carácter acumulativo de las micropartículas.

5.2 Recomendaciones.

1.- Que los organismos encargados de vigilar la calidad del aire en cada uno de los países tomen en cuenta las recomendaciones de la OMS donde establece los límites máximos permitidos de concentración tanto para el PM_{10} como el $PM_{2.5}$.

2.- En el caso del Perú que el ministerio del ambiente en uso de sus diversos instrumentos de gestión ambiental como es el denominado Estándares de Calidad Ambiental ECA, haga cumplir los límites máximos permitidos a fin de que no se afecte la salud humana, ni el medio ambiente.

3.- En lo que queda de años hacia el 2021, aceleren la implementación de sus planes de acción a fin de acercarse a lo planteado en el Plan Nacional de Acción Ambiental – PLANAA Perú:

2011 – 2021, que se rige por los mismos objetivos, general y específicos determinados en la Política Nacional del Ambiente,

4.- Que se plantee como política prioritaria el uso del gas natural entre otros, debido a que los combustibles derivados del petróleo, como la gasolina y el diésel son altamente contaminantes incrementando la presencia de las micropartículas en el medio ambiente.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AAP_PM_database_May2014. (n.d.).
- Agudo, A. (2009). *Los Hidrocarburos Los Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos (HAP) Acercamiento a su problemática*. Retrieved from <http://www.ugt-cat.net>
- Aire Chile. (2018). Pronostico de la Calidad del Aire.
- Analitis A, Katsouyanni K, Dimakopoulou K, Samoli E, N. A. (2006). Short-term effects of ambient particles on cardiovascular and respiratory mortality. *Epidemiology*, 17(2), 230–233.
- Anderson, J. O., Thundiyil, J. G., & Stolbach, A. (n.d.). *Clearing the Air: A Review of the Effects of Particulate Matter Air Pollution on Human Health*. <https://doi.org/10.1007/s13181-011-0203-1>
- ATX Elkartea. (2017). Aliviar los síntomas de la rinitis alérgica.
- Banco Mundial. (2018). Reducir la contaminación. Retrieved August 1, 2019, from <https://www.bancomundial.org/es/topic/environment/brief/pollution>
- Bercedo Sanz, M., Callén Blecua, M., Guerra Pérez, A., Praena Crespo, M., Luis Montón Álvarez, J., Mora Gandarillas, I., ... Carlos Juliá Benito Mar Duelo Marcos, J. (2016). *Protocolos del GVR (P-GVR-6) Rinitis Alérgica El pediatra de Atención Primaria y la Rinitis Alérgica*. Retrieved from <http://www.respirar.org/index.php/grupo-vias-respiratorias/protocolos>
- Brunekreef, B., Dockery, D. W., & Krzyzanowski, M. (1995). Epidemiologic studies on short-term effects of low levels of major ambient air pollution components. *Environmental Health Perspectives*, 103(SUPPL. 2), 3–13.
- Brunshidle, T. P., Konowalchuk, B., Nabeel, I., & Sullivan, J. E. (2003). A REVIEW OF THE MEASUREMENT, EMISSION, PARTICLE CHARACTERISTICS AND POTENTIAL HUMAN HEALTH IMPACTS OF ULTRAFINE PARTICLES. Retrieved August 22, 2018, from Environmental and Occupational Health website: <http://enhs.umn.edu/current/5103/particles/intro.html>
- Campen, M. J., Nolan, J. P., Schladweiler, M. C., Kodavanti, U. P., Evansky, P. A., Costa, D. L., & Watkinson, W. P. (2001). Cardiovascular and thermoregulatory effects of inhaled PM-associated transition metals: a potential interaction between nickel and vanadium sulfate. *Toxicological Sciences : An Official Journal of the Society of Toxicology*, 64(2), 243–252. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/11719707>
- Camus Albert. (1947). *La Peste*. Francia.

- Canales-Rodríguez, M. A., Quintero-Núñez, M., Castro-Romero, T. G., & García-Cuento, R. O. (2014). Las partículas respirables PM10 y su composición química en la zona Urbana y rural de Mexicali, Baja California en México. *Informacion Tecnologica*, 25(6), 13–22. <https://doi.org/10.4067/S0718-07642014000600003>
- CARRAL, C. P. (2011). *Asma Bronquial*.
- Carter, J. D., Ghio, A. J., Samet, J. M., & Devlin, R. B. (1997). Cytokine Production by Human Airway Epithelial Cells after Exposure to an Air Pollution Particle Is Metal-Dependent. *Toxicology and Applied Pharmacology*, 146(2), 180–188. <https://doi.org/10.1006/TAAP.1997.8254>
- Chow, J. C., Watson, J. G., Edgerton, S. A., & Vega, E. (2002). Chemical composition of PM2.5 and PM10 in Mexico City during winter 1997. *Science of the Total Environment*, 287(3), 177–201. [https://doi.org/10.1016/S0048-9697\(01\)00982-2](https://doi.org/10.1016/S0048-9697(01)00982-2)
- Chuang K, Chan C, Su T, Lee C, T. C. (2007). The effect of urban air pollution on inflammation, oxidative stress, coagulation, and autonomic dysfunction in young adults. *Am J Respir Crit Care Med*, 176(2), 370–376.
- Corvalán, C. F., Kjellström, T., & Smith, K. R. (1999). *Health, Environment and Sustainable Development. Identifying Links and Indicators to Promote Action*. Retrieved from <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.535.6270&rep=rep1&type=pdf>
- Daniels Elkin Martínez López Rigoberto Quinchía Olga Cecilia Morales Alexander Romero Ana Milena Marín María Patricia Arbeláez, F. (2007). *CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA Y EFECTOS SOBRE LA SALUD DE LA POBLACIÓN*. Retrieved from [https://www.medellin.gov.co/irj/go/km/docs/wpccontent/Sites/Subportal del Ciudadano/Salud/Secciones/Publicaciones/Documentos/2012/Investigaciones/Contaminación atmosférica y efectos sobre la salud de la población.pdf](https://www.medellin.gov.co/irj/go/km/docs/wpccontent/Sites/Subportal%20del%20Ciudadano/Salud/Secciones/Publicaciones/Documentos/2012/Investigaciones/Contaminacion%20atmosferica%20y%20efectos%20sobre%20la%20salud%20de%20la%20poblacion.pdf)
- Department of Environmental Protection. (2016). *Health & Environmental Effects of Air Pollution*.
- Digesa. (2011). *Estudio de saturación Lima Metropolitana y Callao, año 2011*. 66. Retrieved from <https://www.yumpu.com/es/document/view/13237199/ii-estudio-de-saturacion-de-la-calidad-del-aire-en-lima->
- DIGESA. (2005). RESULTADOS DEL INVENTARIO DE EMISIONES DE FUENTES FIJAS CUENCA ATMOSFERICA DE LA CIUDAD DE LIMA-CALLAO.
- Douglas W. Dockery, & Arden Pope. (1993). *An Association Between Air Pollution And Mortality In Six U.S. CITIES*. Retrieved from

- <http://www.scientificintegrityinstitute.org/Dockery1993.pdf>
- Ds_012-2009-Minam.Pdf*. (n.d.).
- EPA. (1996). *No Title*.
- Espinoza, G. (2002). Gestión y Fundamentos de Evaluación e Impacto Ambiental. *Gestión y Fundamentos de Evaluación de Impacto Ambiental*, 246.
- EU. (2015). Urban air pollution – what are the main sources across the world?
- FENAER, GRAP, SEAIC, SEFAC, SEFH, SEFC, ... SEPEAP. (2017). *GUÍA ESPAÑOLA PARA EL MANEJO DEL ASMA*.
- G.E. Morales S., R., & Leiva-Guzmán, M. (2005). *Aerosol pollution in the City of Santiago. Critical Episodes of the Air Pollution in the City of Santiago (in Spanish) / Distribución y concentraciones críticas de material particulado en la ciudad de Santiago*. Retrieved from <https://www.researchgate.net>
- Graff, D. W., Cascio, W. E., Brackhan, J. A., & Devlin, R. B. (2004). Metal particulate matter components affect gene expression and beat frequency of neonatal rat ventricular myocytes. *Environmental Health Perspectives*, 112(7), 792–798. <https://doi.org/10.1289/ehp.112-1241994>
- Grahame, T. J., & Schlesinger, R. B. (2005). Evaluating the Health Risk from Secondary Sulfates in Eastern North American Regional Ambient Air Particulate Matter. *Inhalation Toxicology*, 17, 15–27. <https://doi.org/10.1080/08958370590885672>
- Hales S, Blakely T, W. A. (2010). Air pollution and mortality in New Zealand: cohort study. *Epidemiol Community Health*. <https://doi.org/doi:10.1136/jech.2010.112490>
- Health Effects Institute. (2017). State of Global Air 2017. *Health Effects Institute*, 15. <https://doi.org/Available from: www.stateofglobalair.org>. (Accessed [14 August 2017]).
- Hernandez R., Fernandez C., B. P. (2014). *Metodología de la Investigación*. Retrieved from <http://observatorio.epacartagena.gov.co/wp-content/uploads/2017/08/metodologia-de-la-investigacion-sexta-edicion.compressed.pdf>
- Kodavanti, U. P., Moyer, C. F., Ledbetter, A. D., Schladweiler, M. C., Costa, D. L., Hauser, R., ... Nyska, A. (2003). Inhaled environmental combustion particles cause myocardial injury in the Wistar Kyoto rat. *Toxicological Sciences : An Official Journal of the Society of Toxicology*, 71(2), 237–245. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/12563109>
- Kuljukka-Rabb, T., Peltonen, K., Isotalo, S., Mikkonen, S., Rantanen, L., & Savela, K. (2001). Time- and dose-dependent DNA binding of PAHs derived from diesel particle extracts, benzo[a]pyrene and 5-methylchrysene in a human mammary carcinoma cell line (MCF-

- 7). *Mutagenesis*, 16(4), 353–358. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/11420405>
- Lídice, C., & Miño, Á. (2013). ABSTRACT Respiratory Symptoms and Lung Function in Children Aged 6-14 Years and Their Relationship with Particulate Matter PM 10 in Santa Marta, Colombia Background: The effects of particulate matter (PM. *Rev Esp Salud Pública N.º3 Mayo-Junio*, 87, 239–246.
- Lipsett, M., Ostro, B., Reynolds, P., Goldberg, D., Hertz, A., Hurley, S., ... Garcia, C. (2008). Air Pollution and Cardiovascular Disease in the California Teachers Study Cohort. *Epidemiology*, 19(6), S121. Retrieved from http://journals.lww.com/epidem/Citation/2008/11001/Air_Pollution_and_Cardiovascular_Disease_in_the.356.aspx
- López, F. M. (2013). Rinoconjuntivitis alérgica. *Pediatría Integral*, 17(8), 564–573.
- Mallol, J., & Crane, J. (2012). The International Study of Asthma and Allergies in Childhood (ISAAC) Phase Three: A global synthesis. *ELSEVIER DOYMA*, 1–13. Retrieved from https://www.scielo.org/article/ssm/content/raw/?resource_ssm_path=/media/assets/resp/v79n2/v79n2a05.pdf
- Mészáros, E. (1999). *Fundamentals of Atmospheric Aerosol Chemistry*. Akadémiai Kiado.
- Miller K, Siscovick D, Sheppard L, Shepherd K, S. J. (2007). Long-term exposure to air pollution and incidence of cardiovascular events in women. *NEJM*, 356, 447–458.
- Ministerio del Ambiente. (2011). *Acción Ambiental Plan Nacional*. 80. Retrieved from http://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2013/08/plana_2011_al_2021.pdf
- Ministerio del Ambiente. (2017). Decreto Supremo N° 003-2010-MINAM. *Normas Legales El Peruano*, 6–9. <https://doi.org/10.3354/meps08245>
- Morin, E. (1999). *Los siete saberes necesarios para la educación del futuro. Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura UNESCO*.
- Morín, E. (1980). *El método*. Paris.
- Muñoz, A., Paz, J., & Quiroz, C. (2007). Efectos de la contaminación atmosférica sobre la salud de adultos que laboran en diferentes niveles de exposición. *Rev. Fac. Nac. Salud Pública*, 25(2), 85–94. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Narváez, J. F., Castrillón, E., Molina, F. J., Remington, U., & Antioquia, U. De. (2016). *Actas de Ingeniería Respiratory problems and tumors in respiratory tract associated to air pollution : A review of potential risk analysis in the Valle de Aburrá*. 2(September 2016), 33–38. Retrieved from <https://www.researchgate.net>

- OMS. (2002). *Informe sobre la salud en el mundo*.
- OMS. (2005a). *Guías de calidad del aire actualización mundial*. Retrieved from <http://www.bvsde.ops-oms.org/bvsea/fulltext/contaminacion/contaminacion.pdf>
- OMS. (2005b). Guías de calidad del aire de la OMS relativas al material particulado, el ozono, el dióxido de nitrógeno y el dióxido de azufre. Actualización mundial 2005. *Organización Mundial de La Salud*, 25. <https://doi.org/10.1596/978-1-4648-0581-3>
- Oms, O. P. de S. (2013). *Salud, ambiente y desarrollo sostenible: hacia el futuro que queremos Programa Especial de Desarrollo Sostenible y Equidad en Salud*. Retrieved from <https://www.paho.org/hq/dmdocuments/2013/seminario-rio-20-spa.pdf>
- Oyarzún, M. (2010). Contaminación aérea y sus efectos en la salud. *Revista Chilena de Enfermedades Respiratorias*, 26, 16–25. <https://doi.org/10.4067/S0717-73482010000100004>
- Patz, J. A., McGeehin, M. A., Bernard, S. M., Ebi, K. L., Epstein, P. R., Grambsch, A., ... Yap We also thank, W. H. (2000). The Potential Health Impacts of Climate Variability and Change for the United States: Executive Summary of the Report of the Health Sector of the U.S. National Assessment Special thanks to the U.S. EPA Global Change. In *Environmental Health Perspectives* * (Vol. 108). Retrieved from <http://ehpnetl.niehs.nih.gov/docs/2000/108p367-376patdabstract.html>
- Pérez-Morales López, G., Morales Gómez, P., & Haza Duaso, A. I. (2016). Hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAPs) (I): Toxicidad, exposición de la población y alimentos implicados. *Revista Complutense de Ciencias Veterinarias*, 10(1), 1–15. https://doi.org/10.5209/rev_rccv.2016.v10.n1.51869
- PISA. (2010). *II PLAN INTEGRAL DE SANEAMIENTO ATMOSFÉRICO PARA LIMA-CALLAO 2011-2015*.
- Pope, A., Burnett, R., Thun, M., EE, C., D, K., I, K., & GD, T. (2002). Long-term Exposure to Fine Particulate Air Pollution. *Jama*, 287(9), 1192. <https://doi.org/10.1001/jama.287.9.1132>
- Pope C, Burnett R, Thun M, Calle E, K. D. (2002). Lung cancer, cardiopulmonary mortality, and long-term exposure to fine particulate air pollution. *JAMA*, 287, 1132–1141.
- Pope C, Burnett R, Thurston G, Thun M, C. E. (2004). Cardiovascular mortality and long-term exposure to particulate air pollution. *Circulation*, 109, 71–77.
- Quesada Guardia, A. (1990). Humanismo de Albet Camus. *Filosofía Universal Costa Rica*, 28, 129–133. Retrieved from <https://es.scribd.com/document/337713293/El-Humanismo-de-Albert-Camus>

- Restrepo Arango, Marcos; Veléz Peláez, María; Vallejo Agudelo, Esteban; Martínez Sánchez, L. (2016). Impacto clínico de la contaminación aérea. *26 de Julio*, 16(2). Retrieved from <http://www.redalyc.org/html/2738/273849945015/>
- Richards Jorge Jure Revisión apoyo técnico, B., Alzina Carlos López-Ocaña Editores, V., & Espinoza Virginia Alzina Presentación, G. (2001). *Fundamentos imp ambiental*.
- Romero-Placeres, M., Más-Bermejo, P., Lacasaña-Navarro, M., Rojo-Solís, M. M. T., Aguilar-Valdés, J., & Romieu, I. (2004). Contaminación atmosférica, asma bronquial e infecciones respiratorias agudas en menores de edad, de La Habana TT - Air pollution, bronchial asthma, and acute respirator and infections in children less years of age, Habana City. *Salud Publica Mex*, 46(3), 222–233. Retrieved from http://www.scielosp.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0036-36342004000300012
- S. García de la Rubia, & S. Pérez Sánchez. (2016). *Asma: concepto, fisiopatología, diagnóstico y clasificación*.
- Salud, E. De. (n.d.). *Faringitis*.
- Sarigiannis, D. A., Karakitsios, S. P., Zikopoulos, D., Nikolaki, S., & Kermenidou, M. (2015). Lung cancer risk from PAHs emitted from biomass combustion. *Environmental Research*, 137. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2014.12.009>
- Schicker B, Kuhn M, Fehr R, Asmis L, K. C. (2009). No Title Particulate matter inhalation during hay storing activity induces systemic inflammation and platelet aggregation. *Eur J Appl Physiol*, 105(5), 771–778.
- Schwartz, J. (1994). Total suspended particulate matter and daily mortality in Cincinnati, Ohio. *Environmental Health Perspectives*, 102(2), 186–189. <https://doi.org/10.1289/ehp.94102186>
- Senamhi. (2018). *Monitoreo de la Calidad de Aire para Lima Metropolitana 2013 -2014*. Retrieved from www.minam.gob.pe
- SENAMHI. (2015). *Evaluación de la calidad del aire en Lima Metropolitana 2015*. 1–90.
- Smith, K. R., Corvalán, C. F., & Kjellström, T. (1999). How much global ill health is attributable to environmental factors? *Epidemiology*, 10(5), 573–584. <https://doi.org/10.1097/00001648-199909000-00027>
- Textbook of Children's Environmental Health. (2014). *Textbook of Children's Environmental Health*. <https://doi.org/10.1093/med/9780199929573.001.0001>
- The international non-Hodgkins lymphoma prognostic factors project. (1993). The New England Journal of Medicine Downloaded from nejm.org at UNIV OF CAPE TOWN LIBRARIES on September 18, 2015. For personal use only. No other uses without

- permission. Copyright © 1993 Massachusetts Medical Society. All rights reserved. *N Engl J Med*, 329, 987–994.
- UNICEF. (2018). UNICEF.
- Vargas Marcos, F. (2005). *LA CONTAMINACIÓN AMBIENTAL COMO FACTOR DETERMINANTE DE LA SALUD*.
- Walczak-Drzewiecka, A., Wyczółkowska, J., & Dastych, J. (2003). Environmentally relevant metal and transition metal ions enhance Fc epsilon RI-mediated mast cell activation. *Environmental Health Perspectives*, 111(5), 708–713. <https://doi.org/10.1289/ehp.5960>
- WHO. (2009). *World Health Statistics*.
- WHO. (2010). *PREVENTING DISEASE THROUGH HEALTHY ENVIRONMENTS*.
- WHO. (2015). *World Health Statistics*.
- Wikipedia. (2008). *Asma*.
- Windy. (2018). Windy. Retrieved from <https://www.windy.com/menu?-12.050,-77.050,5>
- Wong C, Vichit-Vadakan N, Kan H, Q. Z. (2008). Public health and air pollution in Asia (PAPA): a multicity study of short-term effects of air pollution on mortality. *Environ Health Perspect*, 116, 1195–1202.
- World Health Organization. (2006). WHO Air quality guidelines for particulate matter, ozone, nitrogen dioxide and sulfur dioxide: global update 2005: summary of risk assessment. *Geneva: World Health Organization*, 1–22. [https://doi.org/10.1016/0004-6981\(88\)90109-6](https://doi.org/10.1016/0004-6981(88)90109-6)
- Zanobetti A, S. J. (2009). The effect of fine and coarse particulate air pollution on mortality: a national analysis. *Environ Health Perspect*, 117, 898–903.
- Zeka A, Zanobetti A, S. J. (2005). Short term effects of particulate matter on cause specific mortality: effects of lags and modification by city characteristics. *Occup Environ Med*, 62, 718–725.

Anexos

Anexo A: Principio de funcionamiento del equipo medidor de PM2.5 y PM10. Temtop Air Quality MONITOR

Resumen

En objetivo es hacer una descripción detallada del principio de funcionamiento del equipo medidor de PM2.5 y PM10, igualmente, se describe las características del lugar donde se recogieron los datos, materiales empleados en la instalación, características propias del equipo medidor de PM2.5 y PM10, instalación del software empleado como recolector de registros fotográficos. Adicionalmente se detalla el procedimiento técnico para el levantamiento de la información digital.

Datos Generales

Ubicación del lugar de instalación del equipo.

País Perú, Región Lima, Provincia Lima, Distrito Ate, Av. San Juan Mz.A Lt. 21 Urb. Santa Martha con coordenadas geográficas: Latitud: 12°01'36.0". S, Longitud: 76°56'24.9" W

Descripción del Lugar

El lugar es considerado una zona industrial por la cantidad de industrias que se encuentran cerca al lugar de medición (Lavanderías de teñidos, Procesadoras de Cal, Talleres de Metalmecánica, etc.); además colinda con el Ferrocarril Central del Perú (Locomotora a Diésel).

Fecha

La toma y adquisición de datos se realizaron durante 61 días ininterrumpidos, del 01 de agosto del 2018 al 30 de septiembre del 2018.

Horario

La adquisición de datos se realizó durante las 24 horas del día con intervalos de 1 hora.

Objetivo

El objetivo fundamental de la experiencia fue acumular, interpretar y analizar las mediciones realizadas con el equipo Temtop Air Quality Monitor, así como también contrastar dichas

mediciones con las mediciones proporcionadas por el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI).

Estándares sobre la medición del material particulado PM2.5 y PM10

Los estándares de calidad del aire son imprescindibles como valores patrones para conocer el nivel de polución del aire del medio que nos rodea; estos valores en contraste con los valores medidos nos generan una idea cabal de la calidad de aire que respiramos. Existen entidades encargadas de vigilar por la calidad del aire que respiramos, y que sugieren los límites admisibles para cada contaminante del aire, a nivel mundial se encuentra la (OMS) Organización Mundial de la Salud y a nivel local los Estándares de Calidad del Aire (ECA); a continuación, se muestran en las figuras 1 y 2 los valores establecidos del PM2.5 y PM10:

Guías	
PM2.5:	10 ug/m ³ , media anual
	25 ug/m ³ , media de 24 horas
PM10:	20 ug/m ³ , media anual
	50 ug/m ³ , media de 24 horas

Figura a: Estándares sobre la medición del material particulado PM2.5 y PM10

Tabla 1a: Estándares de la calidad del aire

Parámetros	Periodo	Valor [ug/m3]	Criterios de evaluación	Método de análisis
Benceno (C6H6)	Anual	2	Media aritmética anual	Cromatografía de gases
Dióxido de Azufre (SO2)	24 horas	250	NE más de 7 veces al año	Fluorescencia ultravioleta (Método automático)
Dióxido de Nitrógeno (NO2)	1 hora	200	NE más de 24 veces al año	Quimioluminiscencia (Método automático)
	Anual	100	Media aritmética anual	
Material particulado con diámetro menor 2.5 micras (PM2.5)	24 horas	50	NE más de 7 veces al año	Separación inercial/filtración (Gravimetría)
	Anual	25	Media aritmética anual	
Material particulado con diámetro menor 10 micras (PM10)	24 horas	100	NE más de 7 veces al año	Separación inercial/filtración (Gravimetría)
	Anual	50	Media aritmética anual	
Mercurio Gaseoso total (Hg)	24 horas	2	No exceder	Espectrometría de absorción atómica de vapor frío (CVAAS)
				Espectrometría de fluorescencia atómica de vapor frío (CVAFS)
				Espectrometría de absorción atómica Zeeman
				(Métodos automáticos)
Monóxido de Carbono (CO)	1 hora	30000	NE más de 1 vez al año	Infrarojo no dispersivo (NDIR) (Método automático)
	8 horas	10000	Media aritmética móvil	
Ozono (O3)	8 horas	100	Máxima media diaria Ne más de 24 veces al año	Fotometría de absorción ultravioleta (Método automático)
Plomo (Pb) en PM10	Mensual	1.5	NE más de 4 veces al año	Método para PM10 (Espectrofotometría de absorción atómica)
	Anual	0.5	Media aritmética de los valores mensuales	
Sulfuro de Hidrógeno (H2S)	24 horas	150	Media aritmética	Fluorescencia ultravioleta (Método automático)

NE: No exceder.

[1] o método equivalente aprobado

[2] El estándar de calidad ambiental para Mercurio Gaseoso Total entrará en vigor al día siguiente de la publicación del protocolo nacional de monitoreo de la calidad ambiental del

aire, de conformidad con lo establecido en la séptima disposición complementaria final del presente decreto supremo

Fuente: DECRETO SUPREMO N° 003-2017-MINAM.

Equipos, instrumentos de medición y materiales para la implementación del circuito de medición.

Temtop Air Quality Monitor PM2.5/PM10 Detector Airing – 1000

Temtop, marca bajo Elitech Technology, Inc., es una compañía de tecnología especializada en detección ambiental. Está dedicada a la innovación de tecnologías de detección de la calidad del aire. El equipo utilizado en el proceso de registro y recolección de datos es el Temtop Air Quality Monitor PM2.5/PM10 Detector Airing – 1000, herramienta de prueba ideal para monitorear la calidad del aire, este dispositivo tiene un sensor que utiliza la prueba laser para la medición de PM2.5 y PM10.

Debe evitarse que penetren, en el detector sustancias inapropiadas para garantizar la precisión de los datos de prueba.



Fig.b. Características generales del Temtop Air Quality Monitor PM2.5/PM10 Detector Airing – 1000 y dis posición del dispositivo para la toma de la muestra.

Es un dispositivo compacto y ligero haciendo que sea cómodo su traslado y además con tiempo de detección corto y preciso, lleva consigo una batería de Ion-Litio de alta capacidad con soporte por largo tiempo y puede cargarse mediante conexión USB; tiene una interfaz en inglés que es fácil y clara de leer, posee una pantalla LCD donde nos muestra los resultados de las pruebas en tiempo real, las condiciones óptimas para la realización de la prueba son las siguientes:

Tabla 1b Información de los parámetros ambientales en la adquisición de datos.

Entorno de Funcionamiento	
Parámetro	Rango
Temperatura	0-50 °C
Humedad	10-90 %
Presión atmosférica	1 atm

Tabla 1c Rango y resolución de los parámetros PM2.5 y PM10.

Rango de medición y resolución		
Parámetro	Rango	Resolución
PM2.5	0-999 ug / m ³	0.1ug / m ³
PM10	10-999 ug / m ³	0.1ug / m ³

.Lapse It

Es un aplicativo (software) que se encuentra de manera gratuita en Play Store para Android y IOS, tiene la opción de registrar fotografías y videos de manera programada e inteligente. Fué utilizado para sistematizar el registro de datos que se mostraban en la pantalla digital del Equipo medidor de PM2.5 y PM10 Temtop. La aplicación fué instalada en un celular inteligente para tomar registros fotográficos de manera programada en intervalos de 1 hora durante las fechas mencionadas en el acápite 2.3.

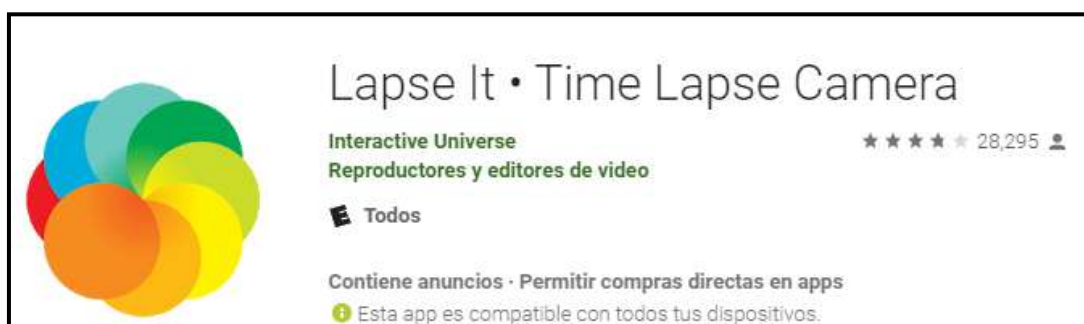


Fig. c. Logo de la aplicación Lapse It en Play Store.

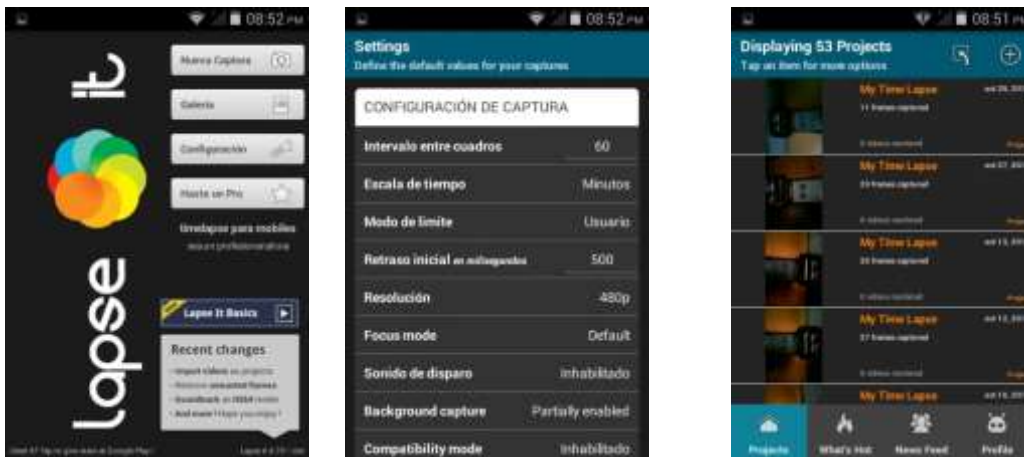


Fig. d. Interfaz de la aplicación Lapse It.

Teléfono celular

Se utilizó un Smartphone para capturar las mediciones de PM_{2.5} y PM₁₀ del equipo medidor; la marca del celular fue Huawei modelo Y221.



Fig. e. Smartphone Huawei Y221-U03.

Trípode

El trípode fue uno de cámara ajustable con nivel de agua incorporado, esto se utilizó como soporte físico y direccional para el celular, las características técnicas son:

Perilla panorámica (360 grados de rotación horizontal) de ajuste y disparo vertical.

Fácil de operar y asegurar la precisión.

Patas de aleación de aluminio y piezas de ABS, portátil.

Pies de goma antideslizante.

Nivel de agua incorporado, ajuste horizontal.

Compatible con cámaras digitales y videocámaras.

Longitud máxima: 660 mm

Longitud plegada: 280 mm



Fig. f. Características del Trípode HM330A

Esquema de conexión y procedimiento para la adquisición de datos

Se implementó de manera conjunta los equipos mencionados en el **acápite 5:**

Se procedió a instalar el equipo medidor (Temtop) de PM2.5 y PM10 en una superficie horizontal y libre para que el fluido (aire) circule libremente por los orificios del equipo.

Se conectó el equipo medidor a una fuente de tensión de 220 V AC mediante un cargador propio del equipo.

Se instaló el trípode HM330A de manera fija y estable en dirección al equipo medidor.

Se incorporó el Celular al trípode HM330A y se procedió a instalar la aplicación Lapse It en el celular, así como también a configurar las capturas fotográficas en intervalos de 1 hora. El Smartphone se conectó a una fuente de tensión 220 V AC mediante un cargador propio del Smartphone.

Instalado todo el equipo de medición se procedió a correr la aplicación registrando fecha y hora de inicio durante todos los días mencionados en el acápite 2.3.



Fig. g. Instalación del Equipo de Medición.

Datos obtenidos

La recolección de datos se hizo usando el Excel

(Poner los datos de un día)29 de setiembre

Instrumento de recolección de datos

Temtop, marca bajo Elitech Technology, Inc., es una compañía de tecnología especializada en detección ambiental. Está dedicado a innovación de tecnologías de detección de la calidad del aire.

El equipo utilizado en el proceso de registro y recolección de datos es el Temtop Air Quality Monitor PM2.5/PM10 Detector Airing – 1000 Figura 52, Figura 27 y Figura 28, herramienta de prueba ideal para monitorear la calidad del aire, este dispositivo tiene un sensor que utiliza la prueba laser para la medición de PM2.5 y PM10. Debe evitarse que batan, penetren, etc. entren en el detector sustancias inapropiadas para garantizar la precisión de los datos de prueba.



Figura h. Temtop Air Quality Monitor PM2.5/PM10 Detector Airing – 1000

Es un dispositivo compacto y ligero hace que sea cómodo de llevar y además con tiempo de detección corto y preciso.

El dispositivo está construido con una batería de Ion-Litio de alta capacidad con soporte por largo tiempo y puede cargarse mediante conexión USB; tiene una interfaz en inglés que es fácil y clara de leer porque posee además una pantalla LCD donde nos muestra los resultados de las pruebas en tiempo real.



Figura i. Características generales del Temtop Air Quality Monitor PM2.5/PM10 Detector Airing – 1000



Figura j. Disposición del dispositivo para la toma de la muestra.

Las condiciones óptimas para la realización de la prueba son las siguientes:

Tabla 1d. Información de los parámetros ambientales en la adquisición de datos

Entorno de Funcionamiento	
Parámetro	Rango
Temperatura	0-50 °C
Humedad	10-90 %
Presión atmosférica	1 atm

Tabla 1e. Rango y resolución de los parámetros PM2.5 y PM10.

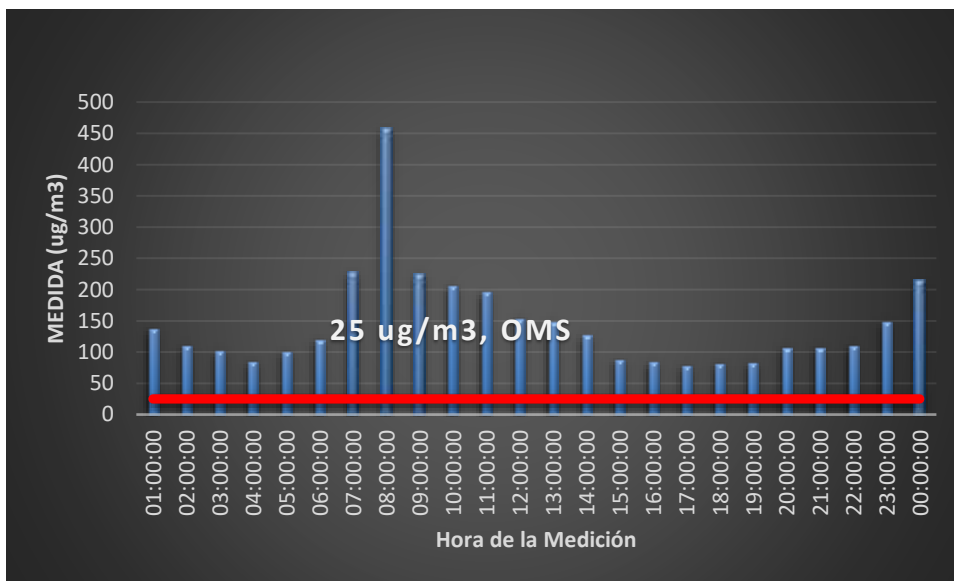
Rango de medición y resolución		
Parámetro	Rango	Resolución
PM2.5	0-999 ug / m ³	0.1ug / m ³
PM10	10-999 ug / m ³	0.1ug / m ³

Implementación del Circuito

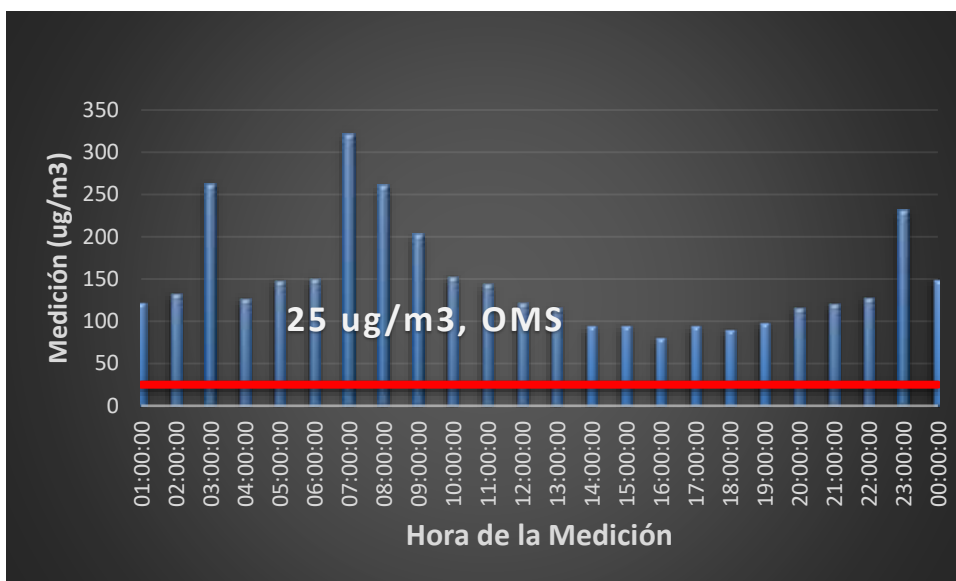
El circuito mostrado ha sido implementado para la toma de datos utilizando el Temtop Air Quality Monitor figura 29 y un aplicativo de software libre que permite realizar una toma de datos de forma continua con un intervalo de tiempo a elección a diferentes días, se observa la toma de datos para PM10 y PM2.5 en diversos días para la zona estudiada



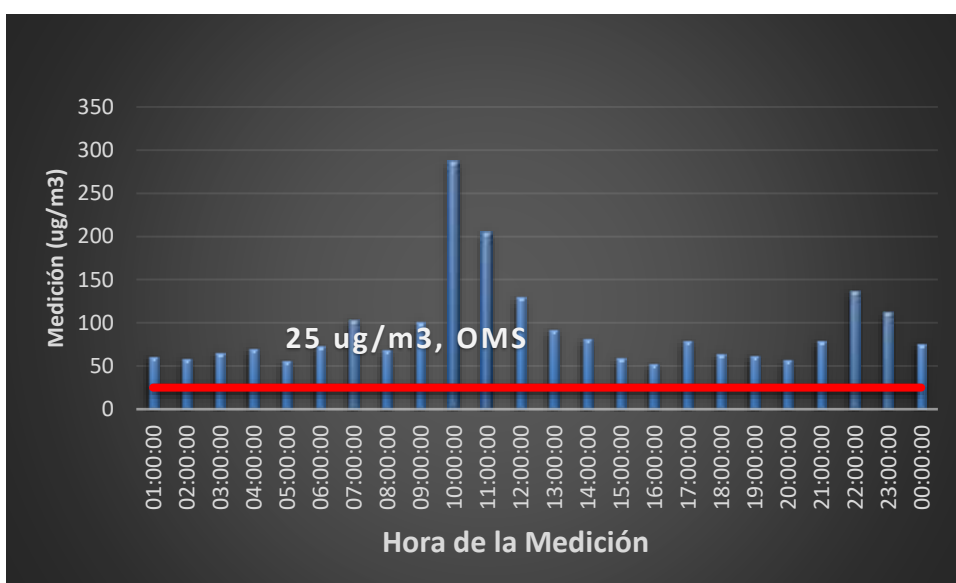
Figura k. Disposición en campo del equipo de medición



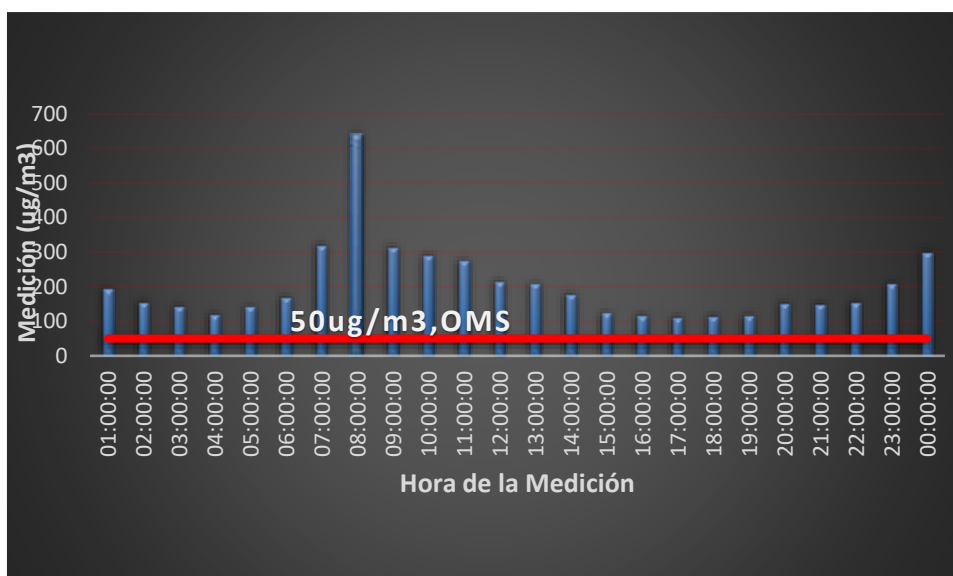
a) Histograma de los niveles de micropartículas PM2.5 en suspensión en la polución del aire en el distrito de ATE de la fecha 18/05/2018



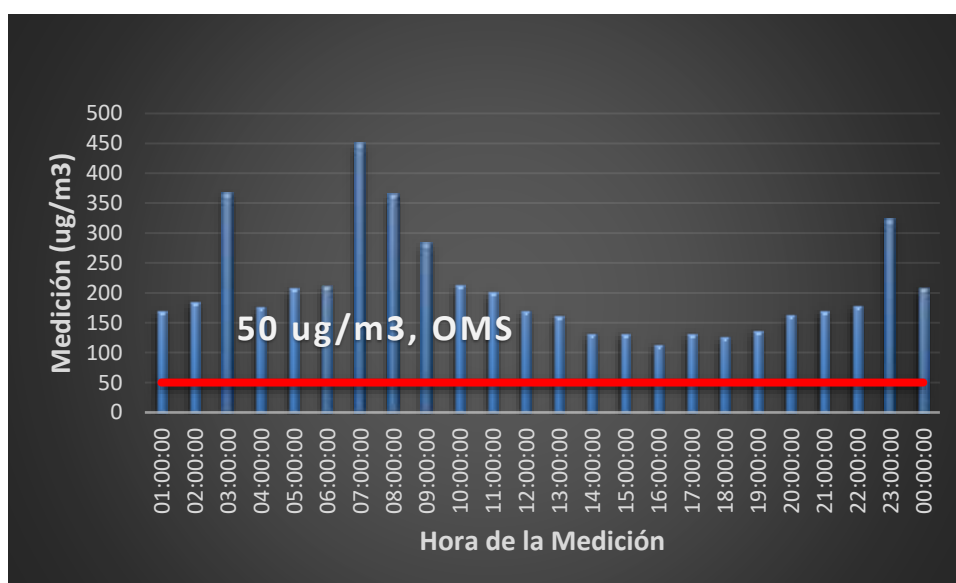
b) Histograma de los niveles de micropartículas PM2.5 en suspensión en la polución del aire en el distrito de ATE de la fecha 19/05/2018



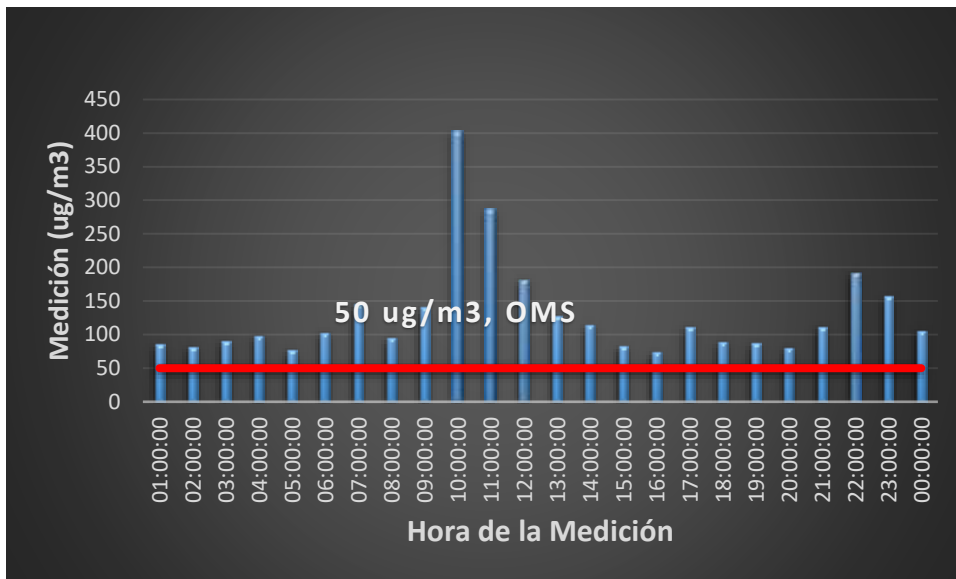
c) Histograma de los niveles de micropartículas PM2.5 en suspensión en la polución del aire en el distrito de ATE de la fecha 20/05/2018



d) Histograma de los niveles de micropartículas PM10 en suspensión en la polución del aire en el distrito de ATE de la fecha 18/05/2018



e) Histograma de los niveles de micropartículas PM10 en suspensión en la polución del aire en el distrito de ATE de la fecha 19/05/2018



f) Histograma de los niveles de micropartículas PM10 en suspensión en la polución del aire en el distrito de ATE de la fecha 20/05/2018

Figura 1 a), b) c) d) e) y f) diversas tomas de muestra con el Temtop Air Quality Monitor en diferentes días

Anexo B: ENCUESTA

La presente encuesta, tiene por finalidad el de obtener datos para la sustentación de mi trabajo de investigación del Doctorado en Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible, Tesis titulada: **“LOS EFECTOS DE LA POLUCION AMBIENTAL POR MICROPARTICULAS PM2.5 Y PM10 EN LA PRESENCIA DE ENFERMEDADES RESPIRATORIAS EN LOS POBLADORES DEL DISTRITO DE ATE”**, por lo que le solicito marque la respuesta de su preferencia, la cual es anónima y anticipadamente se le agradece por su sinceridad.

1.- Sufre Usted de asma?

- a) No ()
- b) Si, pero controlado ()
- c) Si, de manera crónica ()

2.-Sufre Usted de rinitis-faringitis?

- a) No ()
- b) Si, pero controlado ()
- c) Si, de manera crónica

3.-Sabe usted que son las micropartículas de PM_{2.5}?

- a) Desconozco ()
- b) Tengo alguna referencia ()
- c) Tengo mucha referencia ()

4.- ¿Ha sentido la presencia de estos elementos contaminantes en el aire a lo que llamamos polución ambiental en su distrito, Ate?

- a) No ()
- b) Mas o menos ()
- c) Si ()

5.- Sabe usted que son las micropartículas de PM₁₀?

- a) Desconozco ()
- b) Tengo alguna referencia ()
- c) Tengo mucha referencia ()

6.- ¿Sabe usted que los problemas respiratorios son producidos por el polvo presente en el aire del medio ambiente, por ejemplo, humo de los carros, polvo que emanan las fábricas, o gases que emanan las fabricas?

- a) Desconozco ()
- b) Tengo alguna referencia ()
- c) Tengo mucha referencia ()

7.- Sabe usted que los problemas respiratorios en la salud son producidos por la emanación de los gases del parque? automotor (humo de los carros)

- a) Desconozco ()
- b) Tengo alguna referencia ()
- c) Tengo mucha referencia ()

8.- Ha sentido molestias respiratorias por la contaminación ambiental debido a la presencia de polvo en el aire del medio ambiente durante los meses de verano (enero, febrero, marzo)?

- a) Leve ()
- b) Moderado ()
- c) Alto ()

9.- Ha sentido molestias respiratorias por la contaminación ambiental debido a la presencia de polvo en el aire del medio ambiente durante los meses de primavera (octubre, noviembre, diciembre)?

- a) Leve ()
- b) Moderado ()
- c) Alto ()

10.- Siente que el aire que respira en su distrito es:

- a) Limpio ()
- b) Medianamente contaminado ()
- c) Muy contaminado ()
- a) No ()

11.- Sabe si existen leyes ambientales que regulen la presencia del material particulado $PN_{2.5}$ y PM_{10} en ambientes abiertos y cerrados?

- a) Desconozco ()
- b) Tengo alguna referencia ()
- c) Si tengo conocimiento ()

11.- Sabe que es el Ministerio del Ambiente y cuáles son sus funciones??

- a) No ()
- b) Tengo alguna referencia ()
- c) Si ()

13.- Sabe que es la Organización Mundial para la salud (OMS) ya que directivas da al mundo respecto a la preservación del medio ambiente y la salud?

- a) No ()
- b) Tengo alguna referencia ()
- c) Si ()

14.- ¿Cuándo usted presenta el cuadro de afecciones respiratorias, a qué tipo de tratamiento recurre?

- a) Consulto en la farmacia ()

- b) Me atiendo en el hospital de Vitarte ()
- c) Me voy a una clínica ()

15.- Con qué frecuencia se atiende en el hospital de Vitarte?

- a) Una vez al año ()
- b) Dos veces al año ()
- c) Mas de tres veces al año ()

16.- Años de residencia en el distrito de Ate

- a) Menos de 1 año ()
- b) De 1 a 25 años ()
- c) Mas de 25 años ()

17.- Edad

- a) Menos de 20 años ()
- b) Entre 21 y 40 años ()
- c) Mayor de 40 años ()

Junio 2019