Pontificia universidad católica del Ecuador

Facultad de medicina

Disertación previa a la obtención del título de médico cirujano

RELACIÓN ENTRE LA CALIDAD DEL AIRE EN LA CIUDAD DE QUITO Y LA FUNCIÓN RESPIRATORIA DE PERSONAS QUE RESIDEN Y TRABAJAN EN ZONAS DE ALTO, MEDIO Y BAJO NIVEL DE CONTAMINACIÓN AMBIENTAL Y SU EFECTO EN EL CURSO DE ENFERMEDADES RESPIRATORIAS AGUDAS, ADEMÁS DE SUS REPERCUSIONES PARA LA SALUD. MAYO-JULIO DE 2018.

Bryan Rosero C.

Director: Dr. Alexis Rivas

Quito, Ecuador. 2018

1. Dedicatoria

A mis padres, a mis hermanos, a mis mascotas.

Para toda la humanidad.

“A hombros de gigantes”.

2. Agradecimientos

A mis padres, por apoyarme incondicionalmente en todo lo que me he propuesto y haberme dado el don de la curiosidad y el servicio a los demás.

A mis hermanos, por siempre haber estado ahí durante todo este tiempo.

A mi director, Alexis Rivas, por haberme dado el empujón que necesitaba para que este proyecto ahora sea una realidad.

A mis lectores, Paola Estévez y Fernando Carpio, por haber sido excelentes docentes y figuras en mi carrera profesional, por los consejos, por el conocimiento, por la sabiduría.

A mi familia, por haber sido parte de este largo camino que apenas está empezando.

A mis amigos y colegas, por ser parte todos estos años.

A mis tutores, por todas las enseñanzas que me supieron dar durante todo este tiempo.

A Ana Troya, por siempre estar presta para ayudarme a mí y a todos sus estudiantes.

A todas las personas, dirigentes barriales, directores de empresas públicas y privadas, vecino, amigos, familia, etc. Que fueron parte de este estudio.

A mis amigos del Colegio San Gabriel en la promoción 2011.

A la vida.

3. Índice de contenidos

1. Dedicatoria 2
2. Agradecimientos 3
4. Índice de tablas 6
5. Índice de figuras 7
6. Resumen 9
7. Abstract 9
8. Introducción 11
9. Marco Teórico 15
   - 9.1. Revisión histórica 15
     - 9.1.1. Tierra y Ambiente 15
     - 9.1.2. Revolución industrial y la atmósfera 17
     - 9.1.3. Globalización y crecimiento poblacional 18
     - 9.1.4. Desarrollo científico y globalización 20
     - 9.1.5. Contaminación como causa de enfermedades 22
     - 9.1.6. Indicadores estadísticos de salud pública 23
   - 9.2. Revisión actual 24
     - 9.2.1. Contaminación del aire 24
     - 9.2.2. Fuentes de contaminación 26
     - 9.2.3. Material particulado 29
     - 9.2.4. Anatomía, función y fisiología pulmonar 31
     - 9.2.5. Espirometría 35
     - 9.2.6. Efectos de la contaminación del aire en la salud 38
     - 9.2.7. Políticas de salud pública disponibles en la actualidad 39
     - 9.2.8. Vigilancia epidemiológica de la contaminación del aire en la población mundial 43
     - 9.2.9. Quito: Ciudad, geografía, población y actualidad 44
10. Limitaciones 49
11. Hipótesis, Problemas y objetivos 50
    - 11.1. Problema 50
    - 11.2. Hipótesis 50
    - 11.3. Objetivos 50

12. Estrategia metodológica 50
12.1. Justificación 50
12.2. Planteamiento del problema 55
12.3. Metodología 56
12.3.1. Tipo de estudio y tipo de metodología 56
12.3.2. Fase cuantitativa 58
12.3.3. Fase cualitativa 61
12.3.4. Aspectos bioéticos 66
12.3.5. Aspectos administrativos 67
13. Resultados 67
13.1. Resultados cuantitativos 67
13.2. Resultados cualitativos 86
14. Discusión 101
15. Conclusiones y recomendaciones 110
15.1. Conclusiones 110
15.2. Recomendaciones 111
16. Bibliografía 114
17. Anexos 123

4. Índice de tablas

Tabla 1. Niveles de contaminantes en el aire según Municipio de Quito expresados en µg/m^3 (Municipio del distrito metropolitano de Quito, n.d.) 13
Tabla 2. Operación de variables cuantitativas 58
Tabla 3. Operación de variables cualitativas 62
Tabla 4. Recursos materiales Autor: Bryan Rosero C. 67
Tabla 5.Distribución por frecuencia y porcentaje de los distintos sectores Fuente: Encuestas realizadas para la investigación. Autor: Bryan Rosero C. 68
Tabla 6. Distribución por sexo de fumadores en cada sector, se acompaña del promedio de cigarrillos que se fuman en promedio en ese sector por semana. Fuentes: Encuestas realizadas para la investigación. Autor: Bryan Rosero C. 73
Tabla 7.Distribución de la población con hábitos tabáquicos con respecto al sexo. Fuente: Encuestas realizadas por el investigador. Autor: Bryan Rosero C. 74
Tabla 8. Promedio de valores espirométricos por sector, acompañado de su valor predeterminado para cada persona. Fuente: Espirometrías realizadas para la investigación. Autor: Bryan Rosero C. 79
Tabla 9. Correlaciones y grados de significancia de Sectores vs. Valores espirométricos. Fuente: Encuestas realizadas para la investigación. Autor: Bryan Rosero C. 86

5. Índice de figuras

Figura 1. Composición gaseosa de la atmósfera terrestre. (Lutgens & Tarbuck, 1995) 17
Figura 2. Expectativa de vida global y por regiones, en el eje Y se representan los años de vida. (Riley, 2005) 19
Figura 3. Muertes atribuibles al ambiente y años de vida ajustados por discapacidad.(Prüss-Üstün et al., 2016) 23
Figura 4. Capas de la atmósfera terrestre y diferentes partículas ionizantes que la atraviesan (Phillips, 2010) 25
Figura 5. Comparación en escala de PM2.5 con respecto a cabello humano (human hair) y arena fina (fine beach sand)(US EPA, n.d.) 30
Figura 6. Diferentes diámetros a lo largo del tracto respiratorio(Viana Rodríguez et al., 2003) 32
Figura 7. Volúmenes y capacidades pulmonares, (adaptado).(Guyton & Hall, 2006) 35
Figura 8. Curva de espirometría explicación de volumen vs. tiempo, todos en espiración forzada(Álvarez Gutiérrez et al., 2009) 37
Figura 9. Guías de calidad de aire según OMS. (Organización Mundial de la Salud, 2005) 41
Figura 10. Historia de las regulaciones de las emisiones EURO, con respecto a material particulado y óxido nítrico, adaptado. (ACEA, n.d.) 42
Figura 11. Distribución de la población de Quito(Instituto nacional de estadísticas y censos del Ecuador, 2010) 45
Figura 12. Causas generales de mortalidad en grupos etarios en la ciudad de Quito. (Ruales Estupiñán, Jaramillo, Bustamante, Silvia, & Narváez, 2017) 46
Figura 13. Locaciones de las estaciones de monitoreo del aire en el DMQ y sus funciones.(Díaz, 2018) .. 48
Figura 14. Índice quiteño de la calidad del aire (Municipio del distrito metropolitano de Quito, n.d.) 52
Figura 15. Tendencias para PM10 con respecto a las estaciones de monitoreo automático y cronológicamente. a) percentil 98 b)promedio anual (Municipio del distrito metropolitano de Quito, n.d.) 53
Figura 16. Tendencia en 24 horas de las concentraciones de PM25 con respecto a cronología y localización (Municipio del distrito metropolitano de Quito, n.d.). 54
Figura 17. Tendencia anual de las concentraciones de PM25 por sector (Municipio del distrito metropolitano de Quito, n.d.). 55
Figura 18. Zonas expuestas a distintos niveles de contaminación. Autor: Bryan Rosero C. (Municipio del distrito metropolitano de Quito, n.d.). 57
Figura 19. Distribución de la muestra dependiendo el nivel de contaminación. Fuente: Encuestas realizadas para la presente investigación. Autor: Bryan Rosero C. 68
Figura 20. Distribución por sexo. Fuente: Encuestas realizadas para la investigación. Autor: Bryan Rosero C. 69
Figura 21. Pirámide poblacional distribuida por sexo. Fuente: Encuestas realizadas para la investigación. Autor: Bryan Rosero C. 69
Figura 22. A) Gráfico de dispersión de Peso y Edad y distribuido por sexo; B) Gráfico de dispersión de Talla y Edad, distribuido por sexo; C) Gráfico de dispersión de Peso y Talla, distribuido por sexo. Fuente: Encuestas de la investigación. Autor: Bryan Rosero C 70
Figura 23. Promedio de edad y distribución por sexo, distribuido por sectores. Fuente: Encuestas realizadas para la investigación. Autor: Bryan Rosero C. 71

Figura 24. Promedio de edad, horas de exposición y años de residencia, distribuido por sectores. Las horas en promedio a las que se exponen las personas expuestas en verde se leen con la misma magnitud. Fuente: Encuestas para la investigación. Autor: Bryan Rosero C. 72
Figura 25. A) Condición respiratoria de base en la población. B) Exacerbaciones en el último año de la condición respiratoria en las personas que la poseen. Fuente: Encuestas realizadas para la investigación. Autor: Bryan Rosero C. 72
Figura 26. Medio de protección ante la contaminación visible en la población investigada. Fuente: Encuestas realizadas para la investigación. Autor: Bryan Rosero C. 74
Figura 27. Medidas de protección por nivel de contaminación. Fuente: Encuestas realizadas para la investigación. Autor: Bryan Rosero C. 75
Figura 28.Medidas de protección por sector. Fuente: Encuestas realizadas para la investigación. Autor: Bryan Rosero C. 76
Figura 29. Distribución por sexo de promedio de problemas respiratorios al año. Fuente: Encuestas realizadas para la investigación. Autor: Bryan Rosero C. 77
Figura 30. Número de problemas respiratorios al año en promedio, distribuido por sectores. Fuente: Encuestas para la investigación. Autor: Bryan Rosero C. 77
Figura 31. Promedio de valores espirométricos por sectores, con sus respectivos valores FVC y FEV1: Litros, FEV1/FVC en número sin unidad, FEF75 y FEF2575: Litros/Segundo. Fuente: Espirometrías realizadas para la investigación. Autor: Bryan Rosero C. 83
Figura 32. Valores espirométricos por sectores, expresados: FVC, FEV1, FEV1/FVC, PEF: en porcentaje, FEF75 y FEF2575 en Zscore. En todas las imágenes se establecen los puntos de corte con una línea roja. Fuente: Espirometrías realizadas para la investigación. Autor: Bryan Rosero C. 85
Ilustración 1.Conocimiento de la contaminación. Autor: Bryan Rosero C. 88
Ilustración 2. Comportamiento de la contaminación y ciudad más contaminada. Autor: Bryan Rosero C. 90
Ilustración 3.Contaminación del aire y clima. Autor: Bryan Rosero C. 91
Ilustración 4.Prácticas a favor o en contra del ambiente. Autor: Bryan Rosero C. 93
Ilustración 5.Salud y contaminación del aire. Autor: Bryan Rosero C. 95
Ilustración 6.Variación con respecto al pasado. Autor: Bryan Rosero C. 96
Ilustración 7.Proyección y percepción a 20 años. Autor: Bryan Rosero C. 97
Ilustración 8. Propuestas para la mejora ambiental. Autor: Bryan Rosero C. 100

6. Resumen

En la época actual y como consecuencia de la modernidad, la globalización y el incremento demográfico global, la necesidad energética ha aumentado. Los combustibles fósiles se utilizan más que nunca y el patio automotriz ha incrementado globalmente. Los efectos que conllevan todos estos incrementos se han visto reflejados en la calidad del aire y la salud de las personas alrededor del planeta; esta realidad se cumple de igual manera en la ciudad de Quito, Ecuador, situada a 2800 m.s.n.m. y con una población de aproximadamente 3 millones de personas en donde los efectos de la globalización y la modernidad presentan un patrón similar al de otras capitales mundiales.

Este estudio investiga la relación que existe entre la exposición crónica a emisiones contaminantes, principalmente material particulado menor a 2.5 y 10 micrómetro (PM2.5 y PM10), y sus efectos sobre la función pulmonar, al igual que sus repercusiones para la salud de personas que trabajan o residen en distintos sectores de la ciudad de Quito, en el año 2018. El estudio involucraba una metodología cuantitativa y cualitativa; en la parte cuantitativa se realizaron 384 encuestas a distintas personas para determinar sus datos antropométricos e historia de enfermedad en el último año, al igual que para conocer sus condiciones respiratorias de base y hábitos tabáquicos. Posterior a esto se les realizó espirometría portátil a las mismas personas distribuidas a lo largo de la ciudad para obtener información acerca de su función pulmonar. En la parte cualitativa se seleccionó 12 informantes distribuidos por sectores de alto, medio y bajo nivel de contaminación, para realizar entrevistas abiertas semiestructuradas y conocer el conocimiento, prácticas, hábitos, percepción y noción, acerca de la contaminación del aire en la ciudad a lo largo del tiempo, al igual que su demanda social y perspectiva a futuro.

Se encontró que existe relación entre las concentraciones de PM2.5 y PM10 y la disminución en los parámetros de función pulmonar, principalmente entre FEV1 y PEF ($p<0.01$) y FVC, FEV2575 y FEF75 ($p<0.05$). Se encontró además disminución de parámetros de espirometría correspondientes a los sectores más contaminados de la ciudad, contrastado con valores más altos en los sectores de menor contaminación en la zona perimetral de Quito. Se describió, además, las actitudes y pensamientos que poseen las personas con respecto a los problemas de contaminación ambiental, hallando que la normalización de la contaminación es un problema poblacional, a pesar de esto, las personas perciben la contaminación del aire como un problema de salud relacionado con el cambio climático y el crecimiento demográfico a lo largo del tiempo.

Palabras Clave: Contaminación del Aire, Material Particulado, Espirometría, Salud Pública

7. Abstract

In the actual times, as consequence of modernity, globalization and global overpopulation, the energetic requirement has risen. The fossil fuels are used more than ever and an increment on the automotive fleet has reached most corners in the world. The effects of such increase had been reflected on air quality and population health all around the globe; we can observe the same reality in the city of Quito, Ecuador, which lies 2800 m.a.s.l. and has an approximate population of 3 million inhabitants. Here the effects of globalization and modernity show a similar pattern as in another capital cities in the world.

This study pretends to correlate chronic exposition to contaminant emissions, mainly particulate matter smaller than 2.5 and 10 micrometers (PM2.5 and PM10), and its effects on lung function, as well as, health repercussions on people who work and live in different neighborhoods of Quito, in 2018. This study has a two-way methodology, quantitative and qualitative. The qualitative methodology study 384 people from several places around Quito. First a survey was made to evaluate the subject´s anthropometric data, disease history, and tobacco habits, on the last year. After that, each subject has a spirometry test done to obtain data about their lung function. The qualitative methodology implicated 12 informants distributed in 3 zones in the city: High, Medium, and Low, air pollution level. The methodology used was open semi-structured interviews about the knowledge, perception, notion, habits, and practices, around the air pollution now and before, as well as their social requirements and future sight about the topic.

The results shown that there is a relationship between PM2.5 and PM10 levels on the air and reduced lung function, mainly on FEV1, PEF ($p<0.01$) and FVC, FEF2575, FEF75 ($p<0.05$). The results also indicate that the higher the levels on PM2.5 and PM10, the lower spirometry values, and *vice versa*. The qualitative results shown that people have concern about the environmental pollution, thus showing that pollution is a common reality on the whole population and the normalization of this problems denotes lack of concern about it. Anyway, subjects perceive the air pollution as a health problem related to climate change and demographic rise through time.

Keywords: Air pollution, Particulate Matter, Spirometry, Public Health

8. Introducción

La contaminación del aire desde hace más de una década ha ido incrementando y la exposición continua de las personas hacia la misma, ha cambiado la forma en cómo se percibe la salud. Además de ser un problema para el ambiente y los diferentes ecosistemas, la contaminación ejerce su efecto en la población humana y específicamente en sus componentes biológicos. En un mundo en constante cambio y con datos disponibles todo el tiempo, gracias al avance de la tecnología, se ha podido estudiar como el efecto de la contaminación ambiental ha cambiado el rumbo de las conductas humanas, sus tradiciones y su salud; la misma tecnología ayudó al ser humano a llevar análisis y datos experimentales, que daban cierta idea acerca del comportamiento de diversas enfermedades y aquella relación existente entre factores externos a la cotidianeidad y el conocimiento de cómo estos podrían ser partícipes directamente de su estado de salud (Kelly & Fussell, 2015a).

La atmósfera terrestre es una mezcla de gases que usualmente se la conoce como aire, el cual cumple funciones específicas para que la vida en el planeta se logre desarrollar de manera adecuada; genera presión para que puedan existir superficies líquidas, absorbe la radiación ultravioleta proveniente del espacio y evita que los cambios de temperatura entre los diferentes momentos del día sean extremos. De igual manera el aire cumple una función de transporte y erosión constante de la forma de la tierra, ejerciendo presión sobre la superficie terrestre para amoldarla y depositando los diferentes componentes que logra transportar (Lutgens & Tarbuck, 1995). El aire no solo ha dado cabida al inicio de la vida misma gracias a sus funciones, ahora en la posmodernidad, el aire es un medio y un foco de contaminación, siendo objetivo de los diferentes contaminantes que son producidos por parte de la industria, el ser humano, los animales, etc. La incidencia anual de patologías y la aparición de nuevas enfermedades en la lista de morbi-mortalidad han sufrido cambios en su comportamiento estadístico a lo largo de varias décadas, que al correlacionar los datos se han atribuido al avance de la modernización industrial, la sobrepoblación y la globalización (“WHO | Preventing disease through healthy environments: a global assessment of the burden of disease from environmental risks,” 2016). Para evaluar los niveles de contaminación en el aire ambiental se mide la cantidad de partículas que miden menos de 2.5 micrómetros ($PM_{2.5}$), las que miden menos de 10 micrómetros (PM_{10}) y la concentración de diferentes gases, todos estos componentes son resultado de diferentes actividades que se realizan en todo el planeta: agricultura, tráfico, sector minero y quema de carbón y combustibles fósiles para la obtención de energía (Kim, Kabir, & Kabir, 2015); al obtener estos datos se han asociado varios cambios a lo largo del tiempo en las enfermedades que afectan al ser humano y cómo es que rostros nuevos acuden hacia los primeros lugares en la incidencia anual de patologías al igual que la carga de la enfermedad por

contaminación ambiental (específicamente del aire ambiente) ahora son responsables de casi el 5.4% de la mortalidad general en la población mundial ("WHO | Mortality and burden of disease from ambient air pollution," 2016). De igual manera se ha respondido, cómo un cambio positivo hacia la salud de las personas incide en el comportamiento de la población del ser humano. Además, se ha logrado demostrar que a mejor calidad del aire en las grandes ciudades los índices de natalidad han ido mejorando, al igual que ciertas patologías crónicas no transmisibles de las vías respiratorias (Pope, Ezzati, & Dockery, 2009). Ciertos individuos susceptibles a los cambios en la calidad del aire (asmáticos, personas con EPOC y portadores de enfermedades cardiorrespiratorias crónicas) eran personajes importantes y ocupaban los primeros puestos en la incidencia anual de patologías cardiorrespiratorias, ahora se evidencia que los niños que no presentan patologías de base sufren más enfermedades respiratorias que se derivan a complicaciones, a diferencia de como lo hacían hace medio siglo y que ciertas enfermedades neurodegenerativas pueden presentarse de manera más frecuente en las personas que viven en lugares que se consideran focos de contaminación y zonas de alta contaminación de aire (Ranft, Schikowski, Sugiri, Krutmann, & Krämer, 2009).

El presente estudio se localiza en Quito, una ciudad situada a 2850 m.s.n.m. localizado en la provincia de Pichincha, Ecuador (Gestión de comunicación MA, 2017) con una población aproximada de 2'576.821 habitantes (INEC, 2010) se encuentra en la línea ecuatorial y en el noroccidente del Ecuador. Siendo la capital del país, Quito se caracteriza por ser una zona poblada de mediana carga industrial pero alto movimiento automovilístico y por lo tanto niveles de contaminación que se encuentran en constante monitoreo por parte de la secretaria de ambiente del municipio del distrito metropolitano de Quito, haciendo énfasis en el IQCA (índice quiteño de la calidad del aire) (Tabla 1), el cual determina la cantidad de partículas que se encuentran en el aire en distintas estaciones ubicadas en zonas estratégicas de contaminación, distribuidas a lo largo y ancho de la ciudad, obteniendo datos matemáticos que por medio de regresiones lineales se transforman en datos simples, accesibles y de alto valor científico y social que pueden ser aplicados para investigaciones, monitoreo y registro histórico de los mismos (Municipio del distrito metropolitano de Quito, n.d.).

Este estudio propone relacionar diferentes indicadores de la calidad del aire en la ciudad de Quito como lo son: PM_{10} y $PM_{2.5}$, y como la variabilidad de estos datos pueden tener influencia en la capacidad pulmonar, afectando positiva o negativamente en la función pulmonar de las personas que se encuentran ante distintos niveles de exposición de la contaminación del aire; esto se propone lograr por medio de datos obtenidos a través de la espirometría portátil a distintos sujetos en diferentes escenarios

distribuidos en la ciudad en lugares de alta, media y baja contaminación de aire para así determinar si a mayores valores de contaminación ambiental, el organismo, y específicamente el aparato respiratorio, presenta cambios en su fisiología. De igual manera en el estudio se pretende investigar cómo la población investigada percibe la contaminación del aire, las medidas que tiene para protegerse de la misma y la asociación que le da hacia los distintos problemas ambientales con respecto a su estado de salud.

Tabla 1. Niveles de contaminantes en el aire según Municipio de Quito expresados en µg/m³ (Municipio del distrito metropolitano de Quito, n.d.)

Rango	Categoría	CO^a	$O_3{}^b$	$NO_2{}^c$	$SO_2{}^d$	$PM_{2.5}{}^e$	$PM_{10}{}^f$
0–50	Nivel deseable u óptimo	0–5000	0–50	0–100	0–62.5	0–25	0–50
51–100	Nivel aceptable o bueno	5001–10000	51–100	101–200	63.5–125	26–50	51–100
101–200	Nivel de precaución	10001–15000	101–200	201–1000	126–200	51–150	101–250
201–300	Nivel de alerta	15001–30000	201–400	1001–2000	201–1000	151–250	251–400
301–400	Nivel de alarma	30001–40000	401–600	2001–3000	1001–1800	251–350	401–500
401–500	Nivel de emergencia	>40000	>600	>3000	>1800	>350	>500

Notas: a, concentración máxima de promedio en 8 horas; b, concentración máxima de promedio de 8 horas; c, concentración máxima en 1 hora; d, concentración promedio en 24 horas; e, concentración promedio en 24 horas; f, concentración promedio en 24 horas

El índice de calidad del aire o AQI (Air Quality Index) por sus siglas en inglés es una herramienta utilizada en la mayoría de los países de la Unión Europea, Canadá, China, Estados Unidos de Norteamérica, etc. (la mayoría: países de primer mundo) para monitorizar tanto los efectos medioambientales que posee el aire, sus repercusiones a la salud y el costo-beneficio que implica un cambio a nivel de salud pública de estos índices (Chen & Copes, 2013). Aplicado hacia la salud pública el AQI determina puntos importantes:

- El aire que rodea a las estaciones es el mismo que rodea a las personas que se encuentran en la cercanía de las estaciones, por lo tanto. cualquier cambio a favor o en contra de este será de igual manera en la salud de las personas.

- La salud de las personas depende directamente de los valores en los que se encuentra el índice de calidad del aire.

Un cambio positivo o negativo influye directamente el comportamiento de las enfermedades; los riesgos y beneficios que puede tener la mejora o empeoramiento de la calidad del aire con respecto a la calidad de vida, y los años ganados o perdidos con respecto a la expectativa de vida (Kelly & Fussell, 2015a).

El conocimiento público de un índice que demuestre la medición e importancia que se da a la contaminación ambiental y específicamente del aire, hace que la población se vea más responsable y contribuya mucho más a su mejora constante, estableciendo un lazo de responsabilidad y culpa con respecto a los efectos que genera en su salud; al poseer conocimientos amplios de cómo su salud se ve alterada por factores externos la población podría cambiar sus hábitos ecológicos para poder mejorar su estado de salud y de igual manera su medio ambiente (Kelly & Fussell, 2015a)(Kim et al., 2015).

La literatura disponible en los últimos años acerca de la contaminación del aire y la importancia que se la da al material particulado (PM) ha incrementado en su totalidad gracias a las nuevas estrategias de medición, un control más estricto de la contaminación de las industrias hacia la atmósfera terrestre y una actitud sostenible con respecto al planeta, incluyendo los beneficios que traen consigo las políticas de salud y control social con respecto a la población en general. En el caso particular de la ciudad de Quito, el IQCA fue diseñado en el 2004 y con base en los medios internacionales para que sea: simple, aceptable, difundible y aplicable.

Siendo *"las principales medidas de precaución que deberían ser adoptadas por la población para minimizar la magnitud de esos efectos nocivos, así como las medidas de control que deberían tomarse de manera urgente para reducir los niveles de contaminación bajo los niveles de precaución*" (Municipio del distrito metropolitano de Quito, n.d.)

9. Marco Teórico

9.1. Revisión histórica

Son ya 4000 millones de años desde que el clima en la tierra se fue estabilizando y de a poco la superficie terrestre ha sufrido varios cambios, no solo influenciados por el clima sino por el cambio en la conformación de la atmosfera terrestre. Terremotos, erupciones volcánicas, cambios en las mareas y el moldeamiento continuo a lo largo de millones de años nos dan lo que ahora conocemos como la geografía terrestre. Estos cambios no solo han sido parte propia del paisaje que divisamos, sino que además cumplen funciones para que la vida y la adaptación de esta a diferentes ambientes y ecosistemas se especialicen, desarrollen y convivan armónicamente en el planeta. (Jeffreys, 2007)

La estabilización del clima, el surgimiento de corrientes de aire y corrientes marinas son (por mencionar unas pocas) *sine qua non* son los rectores del planeta y gracias al avance a lo largo de los tiempos en la ciencia y la tecnología ahora sus patrones y características propias ,están a disposición y conocimiento de la humanidad.

El viaje evolutivo y la adaptación a diferentes ambientes geográficos, políticos, sociales y culturales hacen del ser humano un organismo con capacidades ilimitadas para poder convivir y conllevar las peripecias de la vida diaria, es un organismo que posee una facilidad evolutiva para adaptarse de manera extraordinaria al medio que lo rodea. A lo largo de la historia la adaptación del ser humano, al igual que el sedentarismo como forma de vida, la domesticación de especies animales y vegetales, y la adaptación continua al medio que lo rodea, han hecho que la vida sea más apta para el mismo pero no siempre el precio a pagar ha sido el mínimo con respecto al beneficio obtenido y más de una vez han habido catástrofes y accidentes industriales que han hecho que estos errores o desaciertos sean una oportunidad para aprender, mejorar y evolucionar.

9.1.1. Tierra y Ambiente

En el universo conocido, precisamente en el supercúmulo de Virgo, se encuentra la Vía Láctea, un grupo de estrellas que albergan a nuestro planeta. “Tierra” es el nombre que se le otorgó y hasta ahora es el único planeta conocido donde se alberga vida. La tierra posee aproximadamente 4.5 billones de años desde su formación, 3.8 billones de años desde que aparecieron los primeros esbozos de vida y tan sólo 315.000 años desde que los primeros ancestros del ser humano aparecieron en su superficie. Compuesta de diversos ecosistemas, geografía amplia y millones de formas de vida la tierra es el hogar de una

diversidad jamás vista y un ejemplo claro de lo que la vida puede lograr al expandirse y tocar cada uno de los rincones de un planeta. (Zell, 2015)

La fuerza de la gravedad siendo la comandante en jefe del espacio, proporciona al planeta su forma característica y de igual manera otorga ciertas funciones propias al mismo, otorgándole movimiento y dando origen a la relación estrecha entre el día y la noche, haciendo así posible que el campo electromagnético, al igual que la gravedad y la constante fuerza de rotación que posee la tierra den origen a su satélite único y principal: Luna. Siendo la luna la responsable directa del cambio en las mareas terrestres, los cambios atmosféricos y las estaciones, pero teniendo siempre un objetivo principal: la noche. La tierra obtiene su energía de dos fuentes: el Sol y su núcleo terrestre, siendo ambas fuentes radiactivas continuas de energía ilimitada que otorgan energía a los seres humanos en forma de radiación y luz, siendo la radiación infrarroja la principal involucrada en el calor que se percibe en el planeta y uno de los factores principales y determinantes del clima y las diferentes formas de vida que residen en cada región del planeta. (Zell, 2015)

La atmósfera terrestre se compone de una mezcla de elementos químicos llamados Aire (Figura 1), los cuales cumplen varias funciones en la superficie terrestre, la moldean, ayudan a poblarla y proporcionan movimiento de masas en todo el planeta. Rigiendo de tal manera el clima y siendo uno de los factores más importantes y determinantes en cómo se maneja el clima en el planeta. Las corrientes de aire y las corrientes submarinas son aquellas que rigen y establecen los parámetros en cómo las estaciones llegarán cada ciclo. Un año terrestre, se considera el tiempo expresado en días que la tierra orbita alrededor del sol y llega a su punto inicial, constando el mismo de 365.26 días y gracias a los cambios continuos en los flujos de aire, de agua, la exposición al sol, el día, la noche y demás factores, aparecieron lugares diferentes, con ambientes propicios y a veces inhóspitos para la vida. Desiertos, bosques, montañas, lagos, ríos, páramos, y demás ecosistemas coexisten en un equilibrio tal que la vida se adapta a cada medio y el ser humano logro adaptarse a cada lugar de tal forma que en la actualidad conocemos la mayoría de nuestro planeta y solo ciertos lugares inexplorados son fuente de leyendas y teorías acerca de su origen y forma. (Blumberg, 2017)

El medio en donde conviven de manera simbiótica seres inertes y organismos vivos adaptados a ciertas condiciones climáticas y de vida se llama **ambiente**. Un equilibrio en cambio constante en donde cualquier alteración en una cadena alimenticia, cadena biológica o factor externo podría alterar el medio o a sus habitantes.

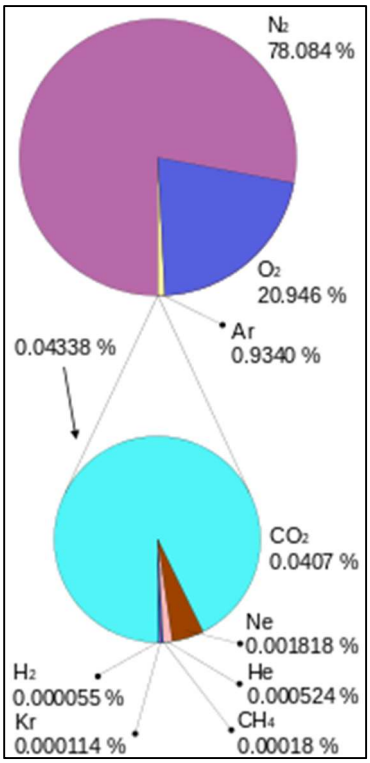


Figura 1. Composición gaseosa de la atmósfera terrestre. (Lutgens & Tarbuck, 1995)

9.1.2. Revolución industrial y la atmósfera

El momento que el humano descubrió que la utilización de herramientas hechas a la medida para completar las tareas dirigidas al diario vivir y para mejorar su calidad de vida por medio de estas establecieron hitos que marcaron el cambio de épocas conforme avanzaba la historia. Desde el manejo del fuego y la producción y domesticación de este, hasta la fisión nuclear de átomos de hidrogeno, no pasó mucho tiempo. Tomando en cuenta el calendario de vida del planeta y a pesar del largo tiempo que le tomó al ser humano, se considera que como especie su evolución y control del ambiente son logarítmicamente magníficos.

La revolución industrial ha sido el proceso histórico más importante a lo largo de la historia del ser humano, ya que no solo represento un cambio en el modelo de gestión productiva y modelo económico, sino que estableció un punto de inflexión en la historia donde el ser humano pudo automatizar su producción, adelantarla y manejar de mejor manera el crecimiento constante de la población, el cual se había visto limitado y sesgado no solo por enfermedades, sino por las malas condiciones y la poca disposición de recursos tanto renovables, cuanto no renovables. Al final del día, la revolución industrial

logró algo que jamás se había logrado: cambios benéficos para el mundo en un corto periodo de tiempo. (Ashton & S., 1997)

Los cambios que conllevó este movimiento no solo hicieron efecto en la economía de las personas que en aquel entonces vivían, se necesitaba mayor fuerza laboral, más profesionales, más recursos y muchas, muchas manos, lo cual involucró de igual manera una mejora en los sistemas de salud y una serie de enfermedades de las cuales no se conocía mucho, o no se le había dado interés. Hablando en contexto temporal en el siglo XVIII la medicina era un conjunto de costumbres que se transmitían de forma académica, pero con mayor influencia en manejos empíricos de enfermedades conocidas y no tanto de investigación de campo. La población era limitada, las comunicaciones eran simples y los medios de comunicación masiva y comercio no eran tan rápidos y efectivos. Así, la enfermedad ocupacional tuvo su auge conforme el carbón, como principal fuente de ingreso y combustible para las maquinarias utilizadas, empezó a utilizarse y los efectos de la extracción y explotación, al igual que el manejo en la industria de diferente maquinaria, surgió efecto en un órgano que a pesar de su contacto inocuo con el aire que nos rodea no se ve directamente expuesto al mismo: los pulmones.

9.1.3. Globalización y crecimiento poblacional

Conforme el mundo avanzaba a paso rápido de igual manera lo hacía la población, al ver que la seguridad laboral y las políticas de salud iban mejorando, el planeta se volvía un ambiente más propicio para poder vivir y las generaciones de familias empezaron a surgir, se estima que el crecimiento poblacional en el siglo XIX fue de 10 millones de personas a 1000 millones para inicios del siglo XX y 6000 millones para el año 2000. Los cambios en la población mundial no solo se dieron por el beneficio y la mejora constante en las políticas económicas y de comercio, sino que fueron resultado de investigación constante en la población, en ese momento los indicadores de salud empezaron a aparecer y los estudios poblacionales y de salud pública emergieron. Se estimaba que para el siglo XVII cada mujer tenía una media de 6 hijos de los cuales 4 morían antes de los primeros 5 años de vida y solo dos llegaban a la época adulta, con una esperanza de vida de 30-40 años (Figura 2)

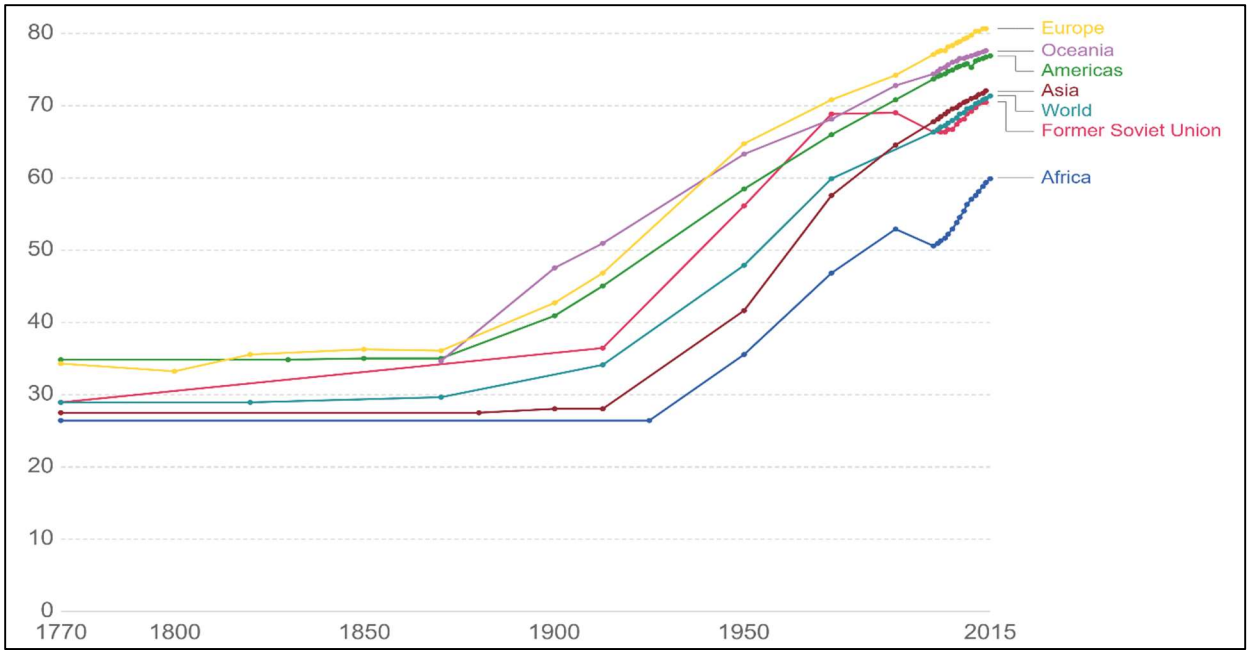


Figura 2. Expectativa de vida global y por regiones, en el eje Y se representan los años de vida. (Riley, 2005)

Los primeros esbozos de globalización como modelo actual de economía y política empezaron previo a la primera guerra mundial en donde la revolución industrial y la conquista por parte del imperio británico empezaron. India había sido dominada por Gran Bretaña y las personas, al igual que los comercios, se encontraban mejor conectados. **Las investigaciones y descubrimientos se difundían más rápido, al igual que las enfermedades.** De la misma manera que todo cambio a lo largo de la historia, el crecimiento de la población siempre se ha visto controlado por la cultura y la normalización de la natalidad, gracias a esto la observación de campo aparece, con lo que globalmente se empieza a dar mayor importancia a la salud pública. En gran Bretaña se entiende que una mejora en la sanitización de los entornos urbanos conlleva a una mejora directa en la calidad de vida, al igual que la expectativa de esta; se esparce pronto la idea de la salud pública como pilar fundamental del crecimiento económico y se entiende además que focalizar las ganancias de un estado hacia presupuesto de salud impacta directamente en el crecimiento económico del mismo. (Feinstein, Temin, & Toniolo, 2008)

Aparecen los indicadores de salud como propuesta para determinar el nivel de crecimiento económico de los países y con esto se determina cuáles son los países desarrollados; al mismo tiempo se da cuna a la primera guerra mundial: un conflicto armado entre varias naciones del mundo en donde hubo aproximadamente 17 millones de muertes y en el cual los sistemas de salud colapsaron, a pesar de esto el avance tecnológico no se enfocaba en ¿qué tanto se puede hacer por la humanidad?, sino ¿qué armas nuevas se podían construir para poder destruirla y dominarla?. Es un hito en la historia para la humanidad

con horizontes claros para el desarrollo de ciencia y tecnología, que a pesar de tener un trasfondo oscuro y lucubre, sin ello no se hubieran dado los pasos necesarios para llegar al punto en donde se encuentra la civilización humana en la actualidad. (Feinstein et al., 2008)

9.1.4. Desarrollo científico y globalización

El desarrollo de armas químicas, al igual que el interés por la física nuclear, establecieron un punto clave en la ciencia y la forma en cómo se la observaba. Ya no era simplemente una búsqueda por el conocimiento, era una lucha continua por poder, sesgada muchas veces por la megalomanía de las diferentes naciones alrededor del globo terráqueo. Para 1938 se había descubierto ya el mecanismo de la fisión nuclear y una guerra era inminente.

La segunda guerra mundial se desata en el año 1939 y mucha de la tecnología que se dispone en la época actual es el resultado de la investigación y desarrollo de miles de científicos en la Alemania nazi y sus aliados. Una época triste, llena de arrepentimientos para la humanidad estaba empezando y se estima que aproximadamente 70 millones de personas fallecieron durante este evento. La ciencia avanzó, dio un largo paso en la segunda guerra mundial y sus años posteriores. En este momento por primera vez se utilizaron ordenadores y cibernética para poder resolver problemas de magnitud mundial. La era informática había empezado (Tabah, n.d.).

Con la llegada de la informática los problemas del diario vivir se veían mucho más simples y era infinitamente más simple resolver problemas matemáticos complejos con un solo ordenador, esto contribuyó a tener más avances tecnológicos que los que nunca se habían visto. La física cuántica era el nuevo idioma, la biología molecular la forma de comunicación entre los seres vivos y las enfermedades se habían controlado, la población crece, la demanda de alimentos aumenta y la sobrepoblación mundial aumenta exponencialmente. Se empieza a entender la metrópoli como forma de vida actual, el internet revoluciona la forma de comunicarse entre las naciones y la ciencia cada vez se desarrollaba más.

El ser humano empezó a entender por qué se daban las enfermedades, como tratarlas y cuál era su causa; la óptica permite realizar mayor exploración del Universo que nos rodea al igual que los mundos microscópicos que lo conforman, el internet ayuda a que el conocimiento sea mundial y se empieza a incluir a las personas con discapacidad. **Por primera vez en la época y vida del ser humano en el planeta, en el año 2000, se establecen los objetivos del milenio diseñados para la eliminar o reducir: la pobreza, la desigualdad, promover el desarrollo y mejorar la calidad de vida de los habitantes de países en vías de desarrollo.**

Hacia el año 2015 los objetivos se han cumplido a paso lento, pero los avances hacen que cada vez sean más factibles y que la conformación de nuevos objetivos y esperanzas nuevas surjan para el mundo. Se logra que la vacunación sea universal, la pobreza extrema se reduce casi a la mitad a nivel mundial, se descubre que existe un universo más pequeño que solo estaba expresado en papel y el Bosón de Higgs se vuelve real. La decodificación del código genético que compone al ser humano y su entendimiento fueron uno de los puntos clave en esta época y gracias a esto se logra entender el porqué de ciertas enfermedades y su probable cura; la era genómica revoluciona la forma de hacer medicina y la forma en cómo se entiende la enfermedad, con lo que el ser humano avanza, protegiendo no solo a su especie sino entendiendo cómo el convivir en ambiente con otras especies involucra entenderlas, aceptarlas y cuidarlas; se desarrollan programas de conservación ambiental que no solo centran su interés en la especie humana, o los animales, sino que se entiende el vínculo eterno que ha existido entre la naturaleza , todos los objetos inanimados y los millones de seres vivos que la componen. (Schvarstein, 2015)

A pesar de esto y partiendo del concepto actual de modernidad y la enajenación de la naturaleza como un bien privado antes que una composición directa del medio en el que convive el ser humano, las crisis ambientales aparecen como consecuencia directa de esta sensación de la naturaleza como un bien privado. La sobreexplotación no sostenible y la necesidad constante de bienes para el consumo humano conllevaron a las crisis del ambiente. La modernidad llegaba, y donde no lo hacía, la naturaleza se sostenía. (Monares R, 1999)

Un largo paso ocurrió en aproximadamente 200 años para la forma en cómo se percibía la salud y se desarrolló el concepto de salud moderno:

> *"La salud es un estado de completo bienestar físico, mental y social, y no solamente la ausencia de afecciones o enfermedades"* (Organización mundial de la salud, 1946)

Empieza una nueva era para la salud. Posterior a años de investigación y experimentación de campo al igual que la documentación de las enfermedades que más aquejan a la población se llega a un consenso: **La prevención, es la mejor forma de tratamiento.(Brunekreef & Holgate, 2002)**

En el año 2007 en Ginebra se establecen directrices para todo el mundo que reflejan como el manejo del ambiente tanto en sanitización del agua, aire y espacios físicos previene enfermedades a futuro y se logra entender que la prevención es la mejor forma de tratar, manejar y evitar enfermedades(WHO, 2007).

9.1.5. Contaminación como causa de enfermedades

El ser humano ha proliferado en la faz de la tierra de manera extensa e incesable, a pesar de esto y con la vista constante hacia la historia, su manera de adaptarse al ambiente no siempre incluye la protección de este por parte del ser humano. La contaminación del ambiente que los rodea siempre ha sido un problema constante y un fantasma que acosa en el silencio. Muchas veces el poder económico predomina sobre las soluciones que se le dan continuamente.

Aproximadamente 159 millones de personas no poseen una fuente de agua potable establecida y recogen el agua a partir de lagos, ríos y fuentes de agua no apta para el consumo humano, resultando en aproximadamente 850.000 muertes por diarrea, al año, causadas directamente por la falta de sanitización del agua en diferentes lugares con difícil acceso a agua potable. (Kelly & Fussell, 2015a)

Se le atribuyen 23% de las muertes a nivel global a la contaminación ambiental (Figura 3) y de estas, 7 millones de muertes anualmente a la contaminación del aire, dentro de las cuales yacen enfermedades respiratorias agudas y crónicas en donde los más afectados son las personas de la tercera edad, madres y niños menores de 5 años.(Kelly & Fussell, 2015)

Las diferentes formas de contaminación requieren diferentes formas de actuar y mitigar los efectos de las fuentes; la contaminación radiactiva resultado de las diferentes pruebas y desastres atómicos que se han vivido a lo largo de la historia, la contaminación auditiva resultado de la evolución constante y creciente del ambiente urbano y la industria, la contaminación lumínica y visual resultado de la necesidad energética que posee el ser humano para trabajar y publicitar diferentes productos, etc.

A pesar de esto los indicadores de salud se basan principalmente en los factores externos que presentan mayor riesgo para las personas de forma más inmediata y que pueden ser prevenibles de una manera u otra. El agua y el aire siendo recursos no renovables siempre se tendrán en consideración y hace apenas pocos años que se establecieron políticas para poder controlarlos y vigilarlos de manera adecuada. Al momento el ser humano ha logrado que gracias a diferentes cumbres políticas y tratados internacionales se establezcan ciertos parámetros tanto para la industria, cuanto, para la población y para el manejo de desechos que puedan contaminar fuentes de estos elementos.

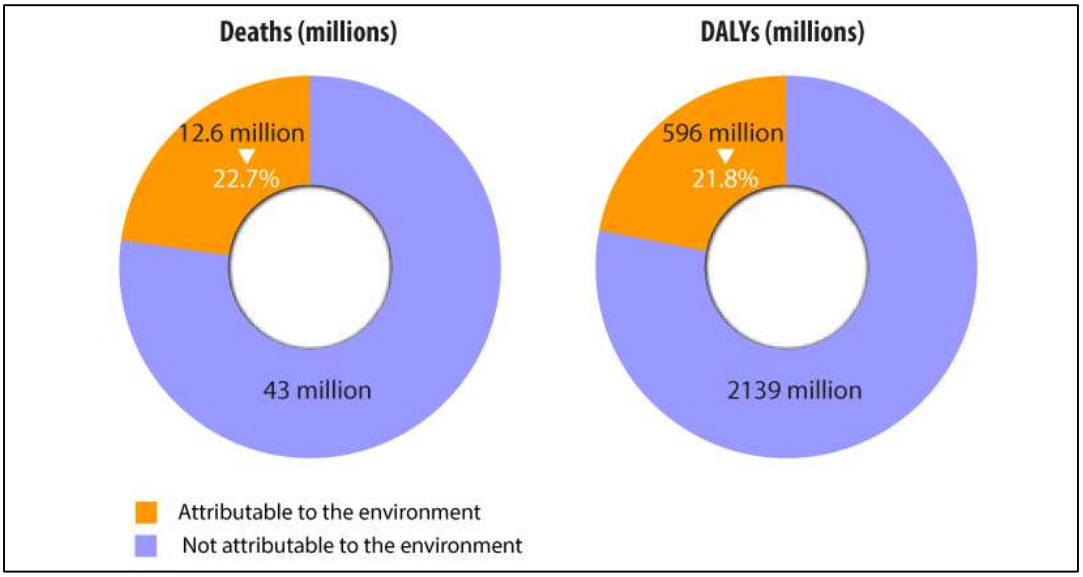


Figura 3. Muertes atribuibles al ambiente y años de vida ajustados por discapacidad.(Prüss-Üstün et al., 2016)

Siempre teniendo en cuenta que el ser humano no se desarrolla solo en su ecosistema y que su existencia misma depende directamente de la convivencia y adaptación que posee con respecto a sus allegados (seres vivos e inanimados) y su convivencia social. Se entiende que la contaminación no solo es un efecto producido por el ser humano y su historia sobre el planeta, sino un resultado directo de la pobre adaptación que ha tenido y la falta de entendimiento de macrosistemas armónicos hacia la naturaleza. Su breve entendimiento y poca atención hacia los problemas que abarca la vida sana presentan hoy en día problemas hacia la salud. El camino por recorrer se mantiene largo, aunque a pesar de esto y conforme avanza la ciencia y tecnología, los medios y las estrategias para conseguir el objetivo final de salud presentan un horizonte claro y un enfoque dinámico visto de diferentes perspectivas.

9.1.6. Indicadores estadísticos de salud pública

La forma en cómo se evalúa el estado de salud de poblaciones en específico o a nivel global requiere herramientas estadísticas para la toma de decisiones y propuesta de objetivos a alcanzar a nivel mundial. Estos datos se encuentran respaldados en base a la información otorgada por los diferentes países que conforman las naciones unidas e igualmente se adhieren a los mandatos de la organización mundial de la salud.

Los indicadores de salud global no se detienen ahí, sirven además para evaluar de forma objetiva el desarrollo y seguridad económica que presenta un país, ya que son un reflejo directo de la inversión que realiza el país para con respecto a salud. Mortalidad materna, porcentaje del PIB dedicado a salud, cobertura de salud a nivel local y global, cobertura de inmunizaciones, salud sexual y salud mental, etc.

Son por mencionar algunos de ellos. A lo largo de la historia han ido variando constantemente y por medio de la obtención de datos de estos, se ha logrado establecer ciertas políticas a favor y muchas veces no tan acertadas para mitigar los efectos de problemas de salud hacia las personas.(Pérez, Rodríguez-Sanz, Domínguez-Berjón, Cabeza, & Borrell, 2014)

Los indicadores más útiles para esta investigación serán orientados principalmente hacia el riesgo relativo y la mortalidad global, al igual que la carga total de la enfermedad y los años perdidos por discapacidad o años perdidos por enfermedad. Serán indicadores claves para entender cómo es que algo tan común, normado y aceptado como la contaminación del aire pueden ejercer efectos a corto y largo plazo.

9.2. Revisión actual

9.2.1. Contaminación del aire

La atmósfera terrestre es una mezcla de gases con una composición óptima para el desarrollo y proliferación de la vida. La atmosfera se compone de 5 capas organizadas estratégicamente según su composición química y su densidad relativa, esta s extiende desde la superficie terrestre hasta el espacio, siendo la tropósfera la primera capa desde la superficie terrestre. Aquí es donde los seres vivos en su mayoría habitan y realizan su intercambio gaseoso, de igual manera, es donde se produce el clima terrestre. La tropósfera se extiende desde la superficie terrestre y alcanza su límite máximo en la zona ecuatorial, a aproximadamente 20km de la superficie terrestre. Aproximadamente el 80% de la masa atmosférica terrestre se ubica en esta zona y es aquella donde el clima, las corrientes de aire y el movimiento continuo de partículas de aire y polvo se producen, de igual manera, conforme aumenta la altitud el aire se vuelve más fino y la temperatura desciende.

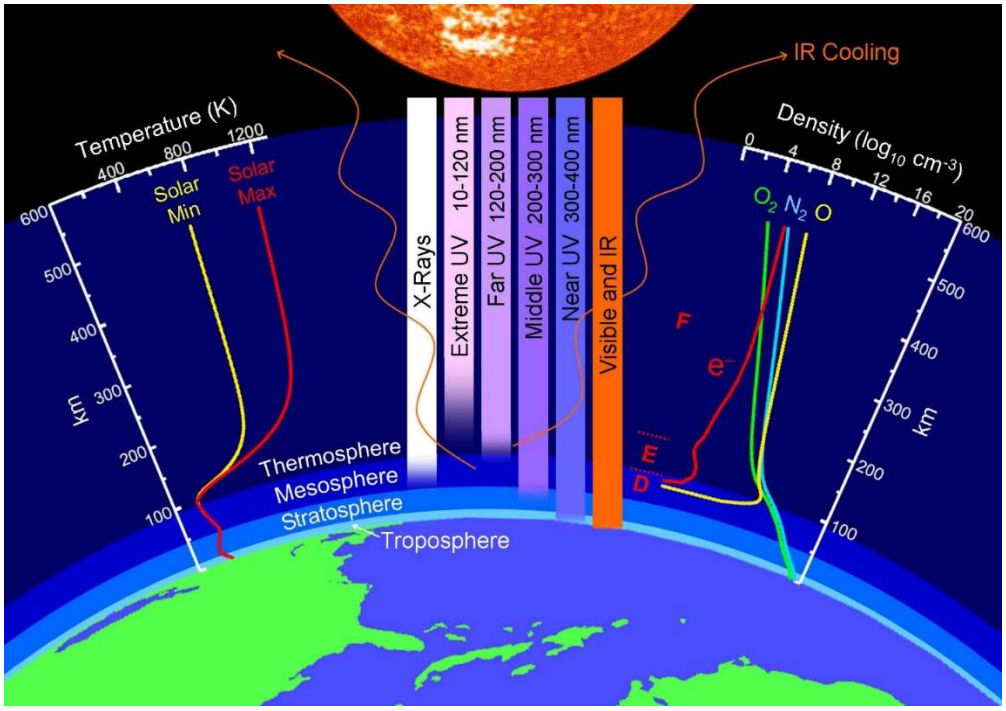


Figura 4. Capas de la atmósfera terrestre y diferentes partículas ionizantes que la atraviesan (Phillips, 2010)

La estratósfera es la capa posterior a la tropopausa[1] y se extiende hasta los 50km por encima de la superficie terrestre a nivel del mar, contiene en su mayoría ozono, el cual es una forma molecular del oxígeno que se encarga de absorber la radiación solar en su mayoría y evita que la radiación térmica y ultravioleta atraviesen directamente hacia la tierra. A continuación, viene la Mesosfera, la cual se extiende desde los 50km hasta aproximadamente los 85km sobre el nivel del mar; en esta zona no vuelan los aviones comerciales, ni mucho menos los globos de aire, por lo que su estudio y entendimiento de la función que cumplen son escasos. A pesar de esto se conoce que la mayoría de los meteoritos que atraviesan la órbita terrestre se queman a este nivel. La termósfera siendo la siguiente capa, a pesar de ser parte de la conformación de la atmosfera terrestre, se considera de igual manera parte del espacio ya que los átomos contenidos a este nivel se encuentran separados y a veces en formas atómicas y la mezcla de gases suele ser rara. Las temperaturas circulantes en este sector son aproximadamente 200 a 500°C en días donde el sol no suele tener mucha actividad, pudiendo llegar a los 2000°C. La estación espacial internacional y los trasbordadores espaciales orbitan en la termósfera. De igual manera la radiación ultravioleta y rayos X se dan de forma natural en esta capa ya que prácticamente no existe filtros que eviten que la radiación solar alcance de manera directa a la órbita terrestre. La última capa es la exósfera

[1] Zona entre la tropósfera y la estratósfera donde se desarrollan corrientes de aire que transportan la radiación solar hacia la superficie terrestre

y simplemente se cataloga donde los átomos y las partículas pueden escapar directamente hacia el espacio por fuera de la órbita terrestre (Figura 4). (Harrison & Yin, 2000; Lutgens & Tarbuck, 1995; Lyons, Reinhard, & Planavsky, 2014)

El aire en su composición en la tropósfera consta de una mezcla de gases (78% Nitrógeno, 21% Oxígeno y 1% otros gases) es la única fuente de donde los seres vivos logran su intercambio gaseoso. Al poseer masa y siendo capaz de recibir y transportar energía proveniente de corrientes formadas en las capas superiores, también posee movimiento, esto ayuda a que la erosión continua por la fricción que produce sobre la superficie terrestre moldee y otorgue la forma característica del suelo. De igual manera, el aire contribuye a que las partículas que se suspenden en el aire sean orgánicas o inorgánicas, viajen por medio de él hacia distintas locaciones futuras y por último ayuden a que se produzca el movimiento de masas terrestres (agua y tierra) para que así se dé lugar al clima. Al producirse la erosión continua del suelo por medio de las corrientes de viento se arrastran partículas propias del suelo y estas se vuelven a asentar cuando las corrientes disminuyen su velocidad o la masa de estas es atraída hacia el suelo de nuevo por la fuerza de la gravedad. De la misma forma, el aire contaminado viaja a través de las corrientes pudiendo recorrer largas distancias desde su fuente de origen, logrando contaminar agua y tierra en la cercanía y que afecta directa o indirectamente al sistema respiratorio de los organismos vivos que se desarrollan en el mismo medio (Lutgens & Tarbuck, 1995).

Como consecuencia del avance rápido de la industria y el crecimiento poblacional continuo, al igual que la quema constante de combustibles fósiles y otras medidas para la obtención de energía, los niveles de contaminantes presentes en el aire han ido aumentando de manera constante y se estima que desde ya hace 2 siglos el aire se ha visto más contaminado, lo cual se ha ido agravando con los problemas y desastres ambientales que ocurrieron durante este periodo. Actualmente la mayoría de las urbes poseen registro de las condiciones meteorológicas y de aire, para así poder predecir cuando la calidad del aire en relación a la cantidad y concentración de contaminantes se ve comprometida y pudiera causar problemas principalmente para el ser humano.

9.2.2. Fuentes de contaminación

La contaminación del aire surge de distintas fuentes siendo una de las principales: la quema de combustibles fósiles.

La necesidad energética del ser humano, al igual que la necesidad de transporte y comunicación de este han generado que se generen más desechos de los previstos y los que puede manejar el equilibrio del ecosistema terrestre. La quema de llantas, el incremento en el patio vehicular a nivel mundial y el crecimiento industrial son ejemplos clave que requieren combustibles fósiles para su existencia y desarrollo.

Se estima que las partículas que viajan a través del aire provienen de diferentes fuentes, tanto naturales cuanto artificiales y tomando en cuenta esto se define que los contaminantes principales del aire son:

1. Carbón quemado
2. Ozono terrestre
3. Dióxido de nitrógeno
4. Dióxido de azufre
5. Monóxido de carbono
6. Material particulado

1. **El carbón negro** y la combustión de este son los principales responsables del efecto invernadero y la aceleración del cambio climático en la tierra. Son partículas menores a 2.5 micrómetros (PM2.5) que viajan en el aire, provenientes directamente de la extracción y explotación del carbón natural, al igual que su combustión, para la obtención de energía. Se conoce como partículas de vida corta porque permanecen en el aire menor tiempo que el dióxido de carbono y el monóxido de carbono, pero se les ha atribuido la mayor carga de responsabilidad con respecto al derretimiento de los glaciares en los polos. (Brunekreef & Holgate, 2002)

2. **El ozono** es una variación en la composición del oxígeno, añadiéndose un átomo más a la conformación de la partícula. Su existencia es necesaria para el desarrollo y mantenimiento de la homeostasis terrestre, **siempre y cuando su localización sea en la tropósfera**. El ozono terrestre proviene principalmente de reacciones químicas utilizadas en la producción industrial y la quema continua de combustibles fósiles, los productos de estas reacciones se combinan con el oxígeno que se encuentra en el aire y por medio de reacciones químicas aparece el ozono. Se le asocia a desencadenamiento de problemas como: asma, bronquitis y reagudización de problemas respiratorios, de igual manera el momento en que regresa hacia la tropósfera su concentración aumenta y la radiación infrarroja proveniente del sol no logra escapar de la tierra siendo **uno de los principales gases de invernadero**. (Blumberg, 2017)

3. **El dióxido de nitrógeno** proviene principalmente de la industria, los procesos químicos y la quema de combustibles fósiles para obtener energía a nivel industrial. Se le asocia directamente con problemas como el asma y un retraso, al igual que disminución, en el crecimiento ponderal y función pulmonar.

4. **El dióxido de azufre** proviene casi exclusivamente de la quema de combustibles fósiles y carbón para la obtención de energía industrial, no afecta directamente al tracto respiratorio, pero causa irritación en todas las mucosas de los seres vivos. Siendo uno de los gases que predominan en las reacciones químicas y su capacidad de fácil difusión con el aire, logra viajar constantemente en la atmósfera y cuando existen precipitaciones, es uno de los principales componentes de la **lluvia ácida**. Un fenómeno causado por la acumulación de solutos en el aire que mezclado con la precipitación del agua se tornan corrosivos e irritantes de la piel, mucosas y ojos en los seres vivos. A pesar de ser un proceso natural que se ha dado a lo largo de la historia de la tierra a causa de las erupciones volcánicas, la presencia de lluvias ácidas (de las cuales la responsabilidad directa es: el ser humano), han aumentado simétricamente con el desarrollo de la industria.

5. **El monóxido de carbono,** en conjunto con el dióxido de azufre, son los representantes de los productos que se obtienen en la quema de combustibles fósiles. El monóxido de carbono presenta una afinidad 300 veces mayor al oxígeno para unirse a la molécula de hemoglobina en los seres vivos, produciendo como resultante una nueva conformación química llamada carboxihemoglobina. Esta nueva molécula se encuentra de manera normal en el torrente sanguíneo de los seres vivos que respiran aire. En concentraciones adecuadas no suponen riesgo para la calidad de vida de estos, pero conforme avanzaron las épocas y la utilización de combustibles fósiles su concentración relativa en toda la atmósfera ha aumentado desmesuradamente. Se investiga actualmente sus efectos a largo plazo y la relación que posee con respecto al deterioro de la salud en los seres humanos.(Fitzgerald & Flood, 2006)

En el ciclo normal del planeta Tierra la erosión es algo propio para esta y se da constantemente por los movimientos de las corrientes de aire y las partículas que se desprenden de las zonas áridas, siendo aquellas que logran viajar a través del aire. En las zonas desérticas y ecosistemas donde el ambiente seco predomina es común observar que las partículas que viajan en el aire son en su mayoría material suspendido proveniente del desgaste o erosión de rocas y suelo. A pesar de esto, no existe una combustión directa de estos materiales, por lo que las partículas que logran viajar en el aire no logran ser nocivas para los seres vivos, pero la falta de humedad en el aire puede involucrar que procesos

inflamatorios y la corrosión que provocan estas partículas a nivel del tracto respiratorio, ejerzan reacciones inflamatorias o alérgicas; conforme el desarrollo industrial logró su auge, el material particulado empezó a aparecer y a ser más común, logrando ser foco de las investigaciones actuales y representando un factor de riesgo directo para la vida humana. (Anderson, Thundiyil, & Stolbach, 2012)

A pesar de que las fuentes de contaminación del aire son diversas y cada una posee su riesgo inherente a la naturaleza de estas, el foco de investigación de este trabajo se centra en el material particulado.

9.2.3. Material particulado

El material particulado son un conjunto de elementos sólidos y líquidos de tamaño microscópico (menor a 10 micrómetros) que se encuentran suspendidos y viajando en la atmósfera terrestre. Su origen puede ser natural o generado por el hombre. Este material particulado se compone directamente de productos de origen erosivo, desecho o combustión y su tamaño hace que estos puedan viajar de manera fácil por las corrientes de aire, de igual manera su tamaño ínfimo hace fácil su entrada en el sistema respiratorio de los seres humanos y seres vivos, además de causar daño medioambiental; en los últimos años se ha investigado constantemente como el aumento o disminución de la cantidad de partículas en el aire ha mejorado o disminuido el estado de salud y la calidad de vida de las personas.(Kim et al., 2015) Correspondiendo a los efectos que generan y sus principales orígenes el material particulado se divide en dos subcategorías:

- PM_{10} (partículas que miden 10 micrómetros o menos)
- $PM_{2.5}$ (partículas que miden 2.5 micrómetros o menos)

Los orígenes de estas partículas varían con respecto a la situación geográfica y su fuente, pudiendo ser antropogénicos o naturales. De las fuentes antropogénicas provienen principalmente: la quema de combustibles fósiles, la producción agroindustrial, reacciones químicas propias de la industria y la erosión propia del tráfico, siendo los representantes, el desgaste de las llantas de los vehículos con su roce en el pavimento y el desgaste de los frenos por el mecanismo de fricción. Las fuentes naturales en cambio son dependientes en su totalidad de su ubicación geográfica, pudiendo ser tan variables como el espray marino, hasta los volcanes. A pesar de esto se toma en cuenta que las fuentes naturales de PMs son: la ceniza de los volcanes, las fumarolas, espray marino, erosión del piso, incendios forestales y los productos de la vegetación. (Harrison & Yin, 2000)

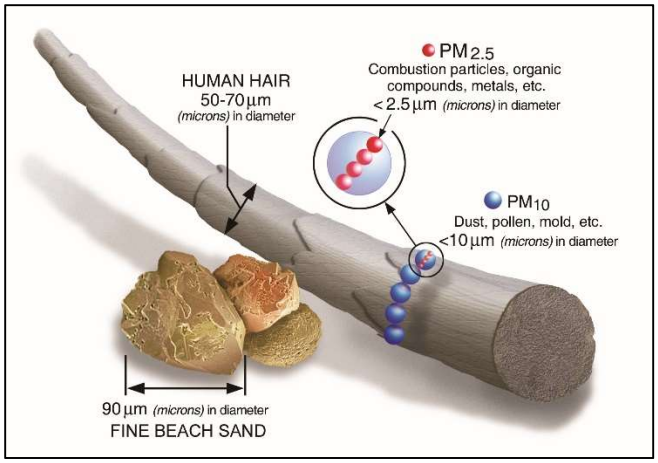


Figura 5. Comparación en escala de PM2.5 con respecto a cabello humano (human hair) y arena fina (fine beach sand)(US EPA, n.d.)

La composición de las partículas es variada y dependen del origen directo para poder determinar cuál es su composición específica, en términos generales los iones de metales pesados y elementos químicos propios de la naturaleza son los más abundantes en la parte sólida y en la parte gaseosa se encuentra los gases propios de la combustión: sulfatos, nitratos, cobre, cadmio, antimonio, plomo, zinc, etc.

En el caso de la tierra, al poseer además condiciones ambientales, estas determinan la concentración de las partículas suspendidas en el aire y existe una relación directa con las condiciones ambientales hacia la concentración de partículas suspendidas en el aire. De igual manera, la concentración de las partículas es mucho más notoria en lugares cerrados como: hogares, escuelas, construcciones, etc. Por la falta de movimiento y corrientes de aire, en estos casos se estima que la fuente de las partículas puede ser acciones como: cocinar con GLP (gas licuado de petróleo), Keroseno, carbón, remodelamiento de pisos y paredes, caminar sobre alfombras, el uso de aerosoles en lata y la disposición y cantidad de ventanas que existen en los hogares. (Horne et al., 2018)

La diferenciación en el tamaño de las partículas no se determinó tan solo por su tamaño real, sino por su coeficiente aerodinámico, siendo la capacidad que poseen las partículas para atravesar ciertas barreras fisiológicas en el cuerpo humano y de igual manera siendo el coeficiente aerodinámico la herramienta para determinar su limpieza y eliminación del ambiente. Se estima que mundialmente se le atribuyen 7 millones de muertes a la contaminación del aire y aproximadamente 2-5 millones de estas son de responsabilidad directa del material particulado. Al poseer un tamaño microscópico pueden atravesar inclusive la barrera alveolar llegando a causar un daño directo sobre el epitelio alveolar y la membrana alveolocapilar. (Zhang et al., 2014)

9.2.4. Anatomía, función y fisiología pulmonar

El sistema respiratorio y sus representantes por excelencia: los pulmones, son los encargados de difundir e intercambiar los diferentes gases de la atmósfera terrestre hacia el torrente sanguíneo de los seres humanos y diversas especies animales por medio del acto conocido como respiración, al igual que complementar otros sistemas y procesos metabólicos en el ser humano para lograr así mantener la homeostasis corporal.

El aparato respiratorio se compone por las fosas nasales, la faringe en todas sus porciones, la laringe que incluye cuerdas vocales, glotis y epiglotis, tráquea, pulmones, músculos intercostales, diafragma, pleura, y cavidad pleural. Cada porción y cada órgano del sistema respiratorio cumple una función específica y a lo largo del sistema respiratorio existen barreras fisiológicas tanto funcionales como mecánicas que evitan que los componentes dañinos para los pulmones logren pasar hasta la zona final de intercambio gaseoso. Las fosas nasales son las primeras en captar el aire atmosférico y su función inicial es filtrar el aire por medio de vellosidades nasales macroscópicas conocidas como “Vibrisas”, evitando que ingresen las partículas con un tamaño superior a 10 micrómetros como: polen y polvo que se encuentran en el ambiente; posterior a la filtración se realiza el calentamiento o enfriamiento del aire al igual que su humidificación, esto se realiza por parte de los cornetes nasales y la red de vasos sanguíneos conocido como el plexo de Kiesselbach. Aquí se calienta o enfría el aire inhalado para mantenerlo a 1 grado de la temperatura corporal, logrando así que su ingreso a través del tracto respiratorio sea el adecuado.

A lo largo de todo el tracto respiratorio existe un epitelio cilíndrico ciliado pseudoestratificado el cual posee un movimiento anterógrado que de igual manera ayuda remover las partículas que han logrado pasar la primera barrera y son atrapadas por la mucosidad del sistema respiratorio.

La laringe es la porción comprometida desde las fosas nasales hasta el esófago y su función es como caja de resonancia para el habla, ayuda en el proceso de deglución, ayuda en la audición, olfacción y defensa para el cuerpo ya que en esta porción se ubican las adenoides o amígdalas palatinas. En su última porción conocida como laringofaringe se limita con el esófago en su porción anterior. A continuación, se ubica la faringe, la cual cumple funciones protectoras, respiratorias, mecanismo de válvula, deglutoria, tusígena, y fonética. La laringe comunica directamente la faringe con la tráquea y en este puente se ubican las cuerdas vocales las cuales por medio de la caja resonadora y el aire exhalado que pasa a través de estas van a producir sonidos para expresar emociones, lenguaje, etc. Al igual que diversos métodos para la comunicación. La epiglotis al encontrarse en la laringe funciona como válvula evitando el ingreso de alimentos hacia la cavidad respiratoria y siendo uno de los pilares en los mecanismos de defensa del

sistema respiratorio, **a este nivel se ubican diversas terminaciones nerviosas que en contacto con alguna partícula mayor a 10 micrómetros desencadenan el reflejo de la tos**. La tráquea es un órgano que comunica la porción superior del aparato respiratorio con los pulmones dando la función de mantener una vía abierta al paso del aire, es un órgano flexible compuesto en su porción anterior por cartílagos y músculos y su pared posterior por tejido blando. Conforme se desciende hacia los bronquios existe la división anatómica conocida como "Carina", siendo el ángulo donde se bifurca los bronquios hacia cada pulmón. Los bronquios son prolongaciones musculo cartilaginosas que penetran a los pulmones a través del hilio pulmonar. Conforme avanzan e ingresan a los pulmones, se acentúan más las funciones de limpieza y movilización que corresponden al epitelio respiratorio, al igual que la producción de moco que facilita la fijación, limpieza y movilización de partículas fuera del árbol respiratorio. A este nivel las partículas con tamaño mayor a 5 micrómetros son removidas por medio de los cilios de las células acortando en su diámetro y cumpliendo diferentes funciones (Figura 6).

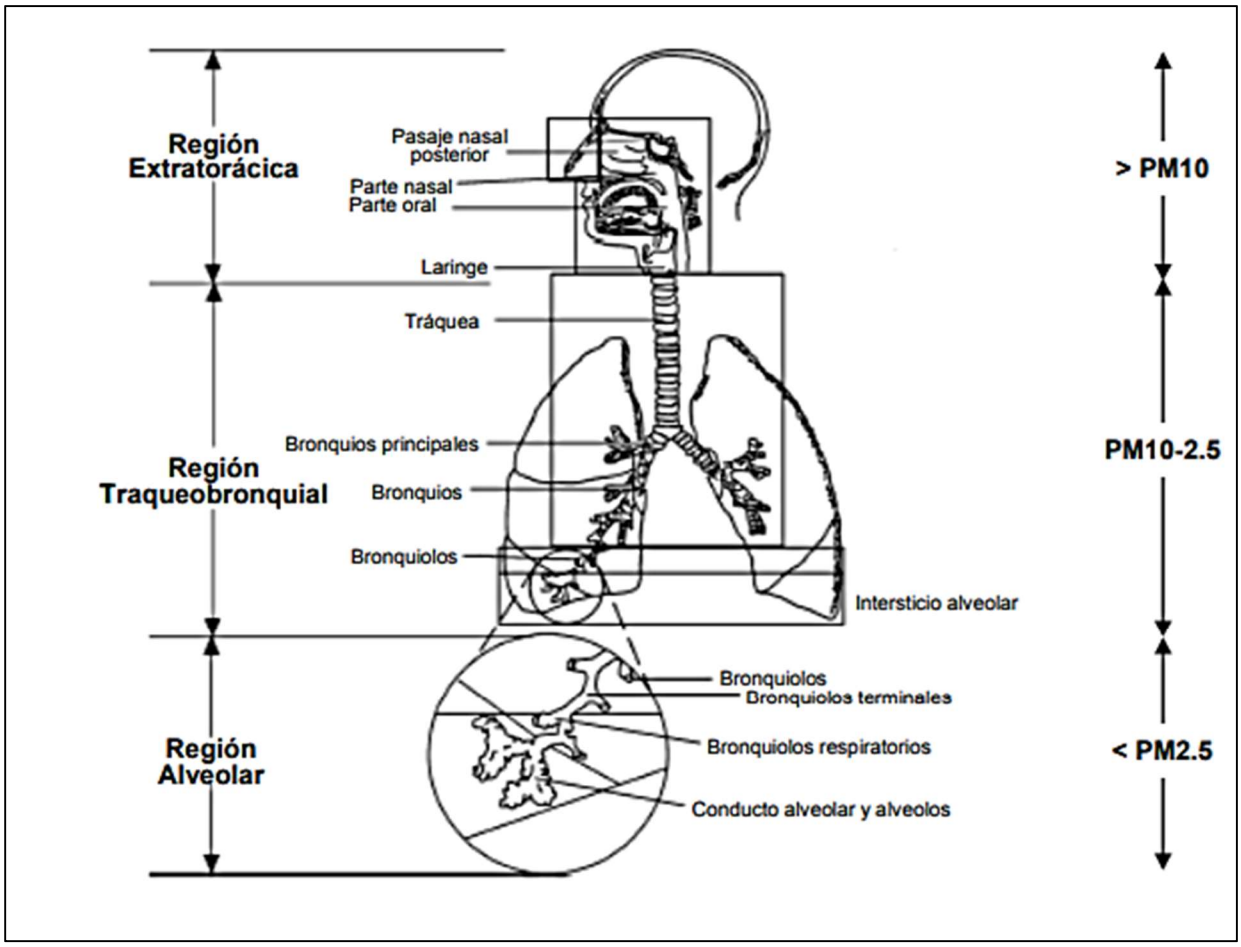


Figura 6. Diferentes diámetros a lo largo del tracto respiratorio(Viana Rodríguez et al., 2003)

Los pulmones son órganos pares que ocupan la mayoría del espacio de la cavidad respiratoria, se encuentran rodeando el corazón y son los órganos efectores del aparato respiratorio. Son órganos esponjosos y cada uno presenta divisiones: el pulmón derecho presenta 3 lóbulos mientras que el izquierdo presenta solo dos; se encuentran recubiertos de una membrana llamada pleura que consta de dos porciones: parietal, siendo la que recubre la zona costal y visceral siendo la que recubre a los pulmones, en el espacio pleural existe líquido que ayuda a la lubricación y facilita el movimiento de los pulmones mientras sucede la respiración.

En los pulmones empiezan a acortarse los diámetros de las porciones respiratorias dividiéndose así en bronquios, bronquiolos y por último alveolos, dependiendo de los diámetros que poseen al igual que su estructura histológica. El intercambio gaseoso se produce a nivel de los alveolos que son sacos de tejido pulmonar estructural y que poseen alrededor una membrana capaz de difundir los gases atmosféricos, conocida como la membrana alveolocapilar, al torrente sanguíneo y captando los gases provenientes del mismo para transportarlos de vuelta hacia la atmósfera. En conjunto si se realiza una medición del área que presentan los alveolos a nivel pulmonar, se entiende que una persona de 70kg adulta, presenta 70 metros cuadrados de superficie para la difusión del aire.

En el proceso de la respiración existen dos momentos en los cuales se producen diferentes mecanismos y actúan diferentes músculos y órganos; los pulmones poseen volúmenes y capacidades para retener aire, intercambiarlo y difundirlo los cuales en sus valores dependen directamente de la edad, el sexo de la persona, el índice de masa corporal y la presencia o ausencia de patología estructural.

Para entender el proceso respiratorio y como se da la respiración primero se debe establecer los volúmenes y capacidades que posee el sistema respiratorio para este mecanismo. Se afirma que el sistema respiratorio posee una capacidad de almacenar hasta 6 litros de aire en su totalidad, pero no todo esto está dispuesto para poder realizar el proceso de respiración.

Los volúmenes pulmonares se refieren a la cantidad dispuesta de aire en cada pulmón en cada respiración siendo equivalentes a

- Volumen corriente (VC): cantidad de aire inspirado o espirado en cada respiración correspondiente a aproximadamente 7ml/kg. (500ml aprox.)
- Volumen de reserva inspiratorio (VRI): cantidad de aire que se puede inspirar por encima del volumen corriente normal mediante una inspiración forzada. (3000ml aprox.)

- Volumen de reserva espiratorio (VRE): cantidad de aire que se puede espirar mediante una espiración forzada, después de haber espirado normalmente. (1200ml aprox.)
- Volumen residual (VR): volumen que queda en los pulmones después de haber realizado una espiración forzada. Esta cantidad no puede ser exhalada. (1200ml aprox.)

La capacidad inspiratoria (CI) es la cantidad de aire que una persona puede inhalar en una espiración normal y expandiendo sus pulmones al máximo. CI= VC +VRI

La capacidad residual funcional (CRF) es la cantidad de aire que queda en los pulmones posterior a una espiración normal. CRF = VRE +VR

La capacidad vital (CV) es la cantidad de aire que se puede expulsar de los pulmones posterior a una inspiración completa. Aproximadamente 4.6 litros.

La capacidad pulmonar total (CPT) es la cantidad de aire que comprende la caja torácica. CPT= CI + CRF. (Figura 7)

Los valores que se presentan son promedio de estudios poblacionales y difieren con respecto al sexo y la edad de los pacientes. A partir de estos valores fisiológicos se puede también establecer los patrones patológicos propios de cada patología pulmonar.

La respiración y el intercambio gaseoso es un proceso complejo por el cual los seres vivos que mantienen un metabolismo dependiente de oxigeno (aerobio) deben realizar cada cierto tiempo para poder así mantener sus funciones vitales. En el caso de los seres humanos el transporte y difusión de oxigeno se da a nivel de la membrana alveolocapilar por medio de procesos de transporte y difusión pasiva por medio de gradientes de presión. La presión atmosférica a nivel del mar representa 760mmHg los cuales distribuidos según la concentración de diferentes componentes del aire establece que el oxígeno en condiciones normales y a nivel del mar ingresa al sistema respiratorio con una presión de aproximadamente 160mmHg. Al ingresar el oxígeno y posterior a la humidificación del aire por parte de todo el tracto respiratorio y basándose en la ecuación de la ley de Fick, el oxígeno posee una presión parcial a nivel capilar de 100mmHg. Al consumirse el oxígeno por parte de las células para las funciones metabólicas y respiratorias propias la presión de este disminuye, creando así un gradiente de presiones con respecto al oxigeno que se encuentra en el alveolo y al oxigeno que se posee en el torrente sanguíneo. Esta diferencia que se posee es la que ayuda a la difusión del oxígeno desde el alveolo a través de la membrana alveolocapilar. Al ser la parte fundamental de la difusión del oxígeno el gradiente que se posee, solo los gases lograrán atravesar la membrana alveolocapilar y las demás sustancias que hayan logrado

pasar la barrera respiratoria al igual que las partículas y aerosoles que no hayan sido captados en el tracto bronquial obtendrán su asilo y lugar final a nivel del espacio alveolocapilar.

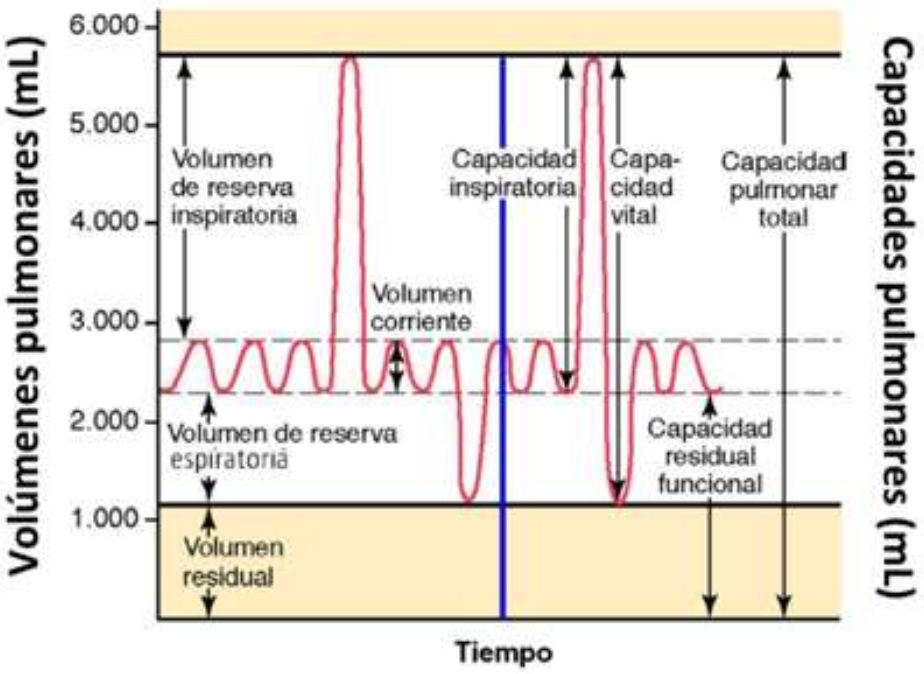


Figura 7. Volúmenes y capacidades pulmonares, (adaptado).(Guyton & Hall, 2006)

Basándose en el principio del movimiento de flujos de aire y difusión pulmonar las diferentes pruebas que se poseen sirven para saber de manera invasiva o no invasiva cómo estos flujos pueden verse alterados y uno de los principales exámenes funcionales que se posee es la espirometría, que basado en los valores fisiológicos pulmonares establece puntos de corte para momentos en los que se deriva el acto respiratorio.

Al mismo tiempo que los pulmones cumplen la función de intercambio gaseoso, poseen una función metabólica siendo mediadores para reacciones enzimáticas en sistemas como Renina-Angiotensina-Aldosterona y de igual manera siendo tampones para el equilibrio acido/base e igualmente la homeostasis corporal por medio del control que ejerce el cerebro para la respiración como mecanismo de compensación para el equilibrio ácido/base.

9.2.5. Espirometría

La espirometría (medición de la respiración) es una prueba que mide la función pulmonar, específicamente la cantidad y velocidad en la que el aire puede ser inhalado y exhalado. Es la prueba más

común en lo que respecta a exámenes de función pulmonar y se utiliza principalmente para la evaluación de patrones respiratorios que corresponden a enfermedades crónicas como asma, EPOC, fibrosis quística, fibrosis pulmonar, etc. Sirve además como instrumento de vigilancia poblacional para relacionar y establecer patrones que pueden verse alterados por diversos mecanismos externos.

La espirometría se inventó y utilizó por primera vez en el siglo XIX, aproximadamente en los años 1880-1886 y se utilizaba un barril con agua, mientras que el paciente soplaba por un tubo conectado al barril se veía cuánta era la cantidad de agua que se desplazaba a causa del aire exhalado y en aquel momento se logró determinar la Capacidad vital, a lo largo de los años los instrumentos para realizar espirometría han ido avanzando conforme el desarrollo de la ciencia y la tecnología, al igual que los parámetros que miden e inclusive se considera al espirómetro un examen básico para cualquier profesional de la salud que desee mantener un récord de cómo evoluciona la enfermedad de un paciente. Actualmente los espirómetros no han cambiado su principio esencial: medir la cantidad de aire y la velocidad de este en un determinado tiempo al realizar una espiración forzada. La diferencia radica en los sensores que miden estos volúmenes y la forma en cómo se los detalla en distintos programas electrónicos.

La espirometría consta en solicitar a un paciente que respire profundamente y exhale la mayor cantidad de aire posible hacia una boquilla que está conectado al sistema de sensores electrónicos del espirómetro, puede realizarse con o sin medicación broncodilatadora dependiendo de la patología y lo que se estudia; los resultados se expresan de dos maneras: gráfica y numéricamente.

El software del espirómetro indicará dos gráficos: uno correspondiente a tiempo /volumen en el cual el eje X se representa en segundos y el eje Y en litros; el segundo correspondiente a flujo/volumen en el cual el eje X representa el volumen espirado y el eje Y el rango de flujo de aire.

Al ser la espirometría portátil un instrumento de fácil manejo, buena reproducción con respecto a la población y de simple aplicación, al igual que interpretación, se decide usarlo como instrumento principal para la medición de distintos parámetros en este estudio. Los valores que se obtendrán a partir de las distintas mediciones tendrán variaciones subjetivas y geográficas, lo cual representa una riqueza en la obtención de valores para la investigación. De la misma forma, la facilidad de comunicación inalámbrica entre los medios digitales representa una eficiencia para con respecto al procesamiento de los datos.

El estudio asienta sus bases sobre la espirometría portátil y la facilidad para movilizarse con la misma, poder acercarse a la población sin que se sientan sorprendidos y el apoyo continuo de la misma con respecto a la investigación en el país.

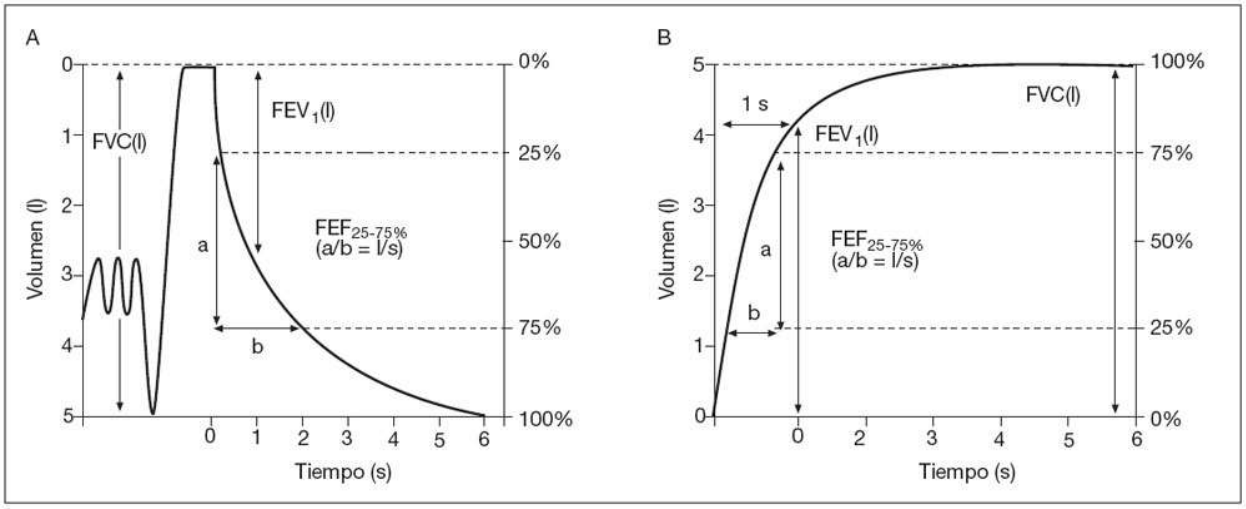


Figura 8. Curva de espirometría explicación de volumen vs. tiempo, todos en espiración forzada(Álvarez Gutiérrez et al., 2009)

En la parte numérica de la espirometría se representan distintos parámetros:

1. FVC: capacidad vital forzada es el volumen de aire que se puede exhalar posterior a una inspiración forzada, se mide en litros.
2. FEV1: es el volumen de aire que se puede soplar en 1 segundo posterior a una inspiración forzada, depende directamente de la persona y varía entre 80-120%, dependiendo del parámetro a utilizarse al igual que las condiciones propias de cada individuo.
3. FEV1/FVC (FEV1%): es la relación que existe entre la capacidad vital forzada y el volumen espiratorio en 1 segundo, expresado en porcentaje. Se afecta directamente con las condiciones pulmonares de base, por ejemplo: asma, EPOC, etc.
4. FEF: es el flujo espiratorio forzado o también entendido como la velocidad de aire que sale de los pulmones en cierta porción de la espiración, sea esta al primer cuarto, la mitad, el tercer cuarto de la espiración, se expresa en porcentaje.
5. FEV 25/75: es la relación que existe entre las diferentes porciones de la espiración y se expresa en número, determina un índice entre las diferentes etapas de la espiración forzada
6. PEF: es el flujo de pico espiratorio, se entiende como la cantidad máxima de flujo o la velocidad máxima que se mide al momento de realizar una espiración forzada posterior a una inspiración completa, se mide en litros por minuto.
7. VC: Volumen corriente
8. TLC: Capacidad pulmonar total

En diversos estudios poblacionales la espirometría se ha utilizado como medidor de parámetros básicos de función pulmonar para así determinar el **cambio que sufren los pulmones de la población con respecto a una base e indicar como se maneja y cuales condiciones afectan o agravan las patologías crónicas pulmonares no transmisibles.**

9.2.6. Efectos de la contaminación del aire en la salud

A lo largo de los años se ha investigado como la contaminación a nivel general genera diversos efectos en la salud y lamentablemente se ha requerido muchas veces que catástrofes se desencadenes o aparezcan para que el sistema de salud y la medicina realice avances e investigaciones con respecto a los diferentes efectos de distintos contaminantes y los órganos diana a los que atacan.

Cuando se habla de "Aire limpio" no se alude precisamente a un aire no contaminado sino uno que mantenga sus contaminantes en niveles que conceptualmente no ejercerían mayor efecto a nivel sistémico y orgánico de los seres humanos. A pesar de los esfuerzos que se realizan para cambios a nivel global de las fuentes de energía que requiere el ser humano y su control más estricto con respecto a los productos de desecho o combustión que genera la quema de combustibles como mayor representante, el aire todavía se encuentra contaminado en diferentes escalas, diferentes momentos y ciertamente en diferentes concentraciones con respecto a varios factores: geografía, clima, ubicación temporal, desarrollo urbano, calidad de combustibles fósiles, etc.

Al ser el aire y el sistema respiratorio y cardiovascular los que directamente se encuentran relacionados es de esperarse que los efectos que más se tengan con respecto a daño a corto, mediano, y largo plazo sean en estos lugares, la mayor cantidad de estudios epidemiológicos han asentado sus bases y su curiosidad con respecto a la toxicidad que pueden presentar los distintos contaminantes en estos órganos.

Al valorar los efectos de la contaminación atmosférica en la salud se puede observar desde distintos ángulos, aunque todos llegando a la misma conclusión: un efecto adverso a la salud. La medicina clínica, la toxicología y la epidemiología son 3 puntos de vista que pueden ayudar a determinar en realidad la carga que posee la contaminación atmosférica con respecto a la calidad de vida y la afección que en realidad está suponiendo la contaminación del aire. Suponiendo que los enunciados previos son reales, la medicina clínica se verá afectada en la práctica diaria y hospitalaria con mayor cantidad de casos relacionados al sistema respiratorio o cardiovascular y teniendo cuenta en esto, se podría asumir que las hospitalizaciones con causa respiratoria o cardiovascular en sujetos predispuestos hayan aumentado a

nivel global y específicamente en donde los niveles de contaminación sean mayores. La toxicología por lo tanto ha de estudiar los efectos de los contaminantes en el sistema respiratorio y cardiovascular con respecto a las reacciones que desencadena la presencia continua de los mismos a nivel celular; de igual manera la epidemiología resolverá dudas con respecto a datos estadísticos de cómo es que las enfermedades respiratorias se pueden o no ver asociadas con respecto a variaciones de partículas por millón en el aire, siendo las principales responsables de los efectos conocidos en la salud de las personas.

Siguiendo los puntos establecidos previamente, la salud pública, como modo de manejo de las patologías emergentes, deberá establecer su punto de actuación y destinar la mayor cantidad de recursos hacia la mitigación de ciertas enfermedades que pronto se pueden volver prevalentes y que de igual manera requerirán mejor manejo, conocimiento y data acerca de su existencia, desarrollo, curso natural e impacto social en los pacientes y el personal de salud. A partir de estas dudas, surgieron programas y políticas de salud establecidas por organismos internacionales y nacionales que promueven la calidad de aire como un derecho humano y una garantía a otorgarse por parte de los estados que se suman a las regulaciones establecidas por la OMS. ("WHO | Mortality and burden of disease from ambient air pollution," 2016)(World Health Organization, 2015)

9.2.7. Políticas de salud pública disponibles en la actualidad

La salud pública ha sido el medio regulador y máximo personaje durante la existencia del ser humano organizado en sociedades, no solo por su rol con respecto al manejo de enfermedades prevalentes en la población sino por su continuo contacto con el contexto social y la aplicabilidad de estrategias con métodos antropológicos hacia esta. Intentar deslindar salud pública (como concepto de materia gubernamental y de interés de desarrollo poblacional) de antropología o cultura, resultaría en el quiebre total de la relación íntima, única y explicita que maneja el ser humano con su propia existencia terrenal y el autoconocimiento de esta, al punto que podría mencionarse *grosso modo* una salud y medicina social. (Frenk & e-libro, 2015)

Al igual que la medicina tropical y las diferentes estrategias para mitigar el crecimiento y esparcimiento de estas en diferentes países tropicales, el enfoque ambiental para trabajar en las aristas de la salud, siempre obteniendo como base única, amplia y bien establecida: la prevención. Aunque es fácil pasar de prevención al perfeccionismo y la búsqueda sin sentido de la eugenesia, la prevención sigue siendo la estrategia de salud mejor estudiada y más recomendada para todas las edades y la mayoría de las enfermedades.(Gérvas, Atención, & 2009, n.d.)

Los entes reguladores a lo largo del tiempo han tomado decisiones basadas en la afección que poseen ciertos agentes externos al ser humano para su salud. Un ejemplo clave es el programa de DOTS propuesto y aplicado por la Organización mundial de la salud (OMS ó WHO por sus siglas en inglés). Una estrategia que se rige ante tratamientos, manejos, protocolos, variables, y conceptos específicos dirigidos a: prevención, diagnóstico, tratamiento, seguimiento, y disminución en la progresión de la tuberculosis a nivel mundial. (Mundial De La Salud, 2002)

Para el aire se ha logrado con el pasar de los años organismos gubernamentales, federales, municipales, distritales, mundiales, ONG, etc. Que se mantengan en la lucha continua para promover el estado de bienestar de las personas tomando como base y fundamento el derecho de la persona al aire limpio, a un espacio de vida de calidad y un bienestar total o como se le conoce: El derecho al buen vivir. A partir del año 2015 y 3 años posterior a la declaración y revisión que se realizó a los objetivos del milenio, se propuso los nuevos "Objetivos de desarrollo sostenible para el 2030" o de manera corta "Agenda 2030 de Naciones Unidas". En estos objetivos a parte de contemplar la erradicación de la pobreza y el hambre en el mundo además de la igualdad de género y demás participaciones sociales a nivel global en el objetivo o punto número 3, se menciona a la salud y al bienestar (Good health and Well-being) entendido como el punto máximo de salud que puede poseer una persona con respecto a si mismo y al ambiente que lo rodea estableciendo así estrategias para mejorar la calidad de vida de las personas, el buen vivir de las mismas, el acceso a agua limpia y de calidad y el acceso a aire limpio y de calidad. (Hák, Janoušková, & Moldan, 2016)

A partir del año de 1987 la OMS presentó por primera vez en Europa la guía para la calidad del aire, un conjunto de normativas para los límites que se pueden presentar a ciertos contaminantes y sus picos máximos con respecto a una escala temporal. 13 años después en la primera actualización que tuvo la guía y la aplicabilidad hacia muchos más países se estableció la segunda edición de esta, posteriormente esta. 5 años después se reformó la guía establecieron las primeras guías de aplicabilidad a todos los países que conformaban parte del pacto de Naciones Unidas y que se debían acoger ante estos mandatos como parte de la mejora del planeta y el alcanzar de los objetivos de desarrollo del milenio con la primera enfoque hacia el 2015 (Figura 9).

Contaminante	Tiempo promedio	Valor de la Guía
PM2.5	1 año	10µg/m3
	24 horas (percentil 99)	25µg/m3
PM10	1 año	20µg/m3
	24 horas (percentil 99)	50µg/m3
Ozono	8 horas, máximo diario	100µg/m3
Dióxido de nitrógeno	1 año	40µg/m3
	1 hora	200µg/m3
Dióxido de azufre	24 horas	20µg/m3
	10 minutos	500µg/m3

Figura 9. Guías de calidad de aire según OMS. (Organización Mundial de la Salud, 2005)

A partir de este momento fue que se dio cabida al entendimiento de como la mejoría en los sistemas de obtención de energía y su posterior regulación en la combustión de combustibles fósiles para generar la misma podían mejorar de igual manera la salud de las personas por la disminución de contaminantes en aerosoles y material particulado suspendido en el aire. De a poco los estados en diversas naciones lograron adaptar la realidad de cada sociedad hacia un beneficio en común: un aire limpio de calidad para todos, de tal manera que no cause afección alguna hacia los humanos que lo respiran. A nivel global y desde el año 2005 se adoptaron estas estrategias y bajo el concepto de los ODMs se ha ido regulando y controlando más estrictamente esto, de igual manera con vistas al futuro para la mejoría también con respecto a los objetivos de desarrollo sostenible. (Krzyzanowski & Cohen, 2008; "WHO | Mortality from household air pollution," 2016; World Health Organization., 2006)

En el año 2018 se celebrará la cumbre mundial de la organización mundial de la salud para la injerencia ante la contaminación del aire y la salud a nivel global en Ginebra, Suiza. Se discutirán datos impactantes e importantes acerca de asociación de diversos factores tanto de aire doméstico, cuanto aire de exteriores para su mejoría, monitoreo y manejo. (WHO, 2018c) Actualmente la OMS indica que la carga de enfermedad que se le otorga a la contaminación del aire es aproximadamente 7 millones de muertes por diversas causas a nivel mundial. Se estima que aproximadamente 24% de las muertes por enfermedad cerebro vascular, 29% de las muertes por cáncer de pulmón, 25% de las muertes por enfermedad coronaria, y 43% de las muertes por patología pulmonar son a causa de la contaminación del aire tanto externo, cuanto de interiores. (WHO, 2018c)

Siendo el patio automotriz uno de los principales responsables con respecto al aporte de contaminantes hacia la atmosfera terrestre y principalmente PM2.5 y PM10 (los principales objetos de este estudio)(Karagulian et al., 2015)**,** existen varias políticas de gestión ambiental y control de emisiones para

con respecto al mecanismo de combustión de los vehículos. A nivel de la unión europea y desde 1991 se estableció la normativa "EURO" la cual regula las emisiones de ciertos contaminantes a niveles determinados para cada segmento vehicular, ante la cual únicamente no se encuentran regidos los vehículos marítimos y los aviones. La normativa ha ido aumentando en rigor con respecto a los fabricantes para que estos mejoren sus sistemas de combustión con respecto a vehículos que salen a la venta, de tal manera que un vehículo que no cumpla con las emisiones correspondientes a la normativa vigente no podrá salir a la venta; los vehículos que se encuentran circulando a pesar de esto no se rigen ante la normativa actual, más a la que estaban determinados dependiendo su año de fabricación (Figura 10) (Bedoya, Oviedo Bejarano, Mera Bozano, & Flores Brito, 2017; Castilla López, 2017)

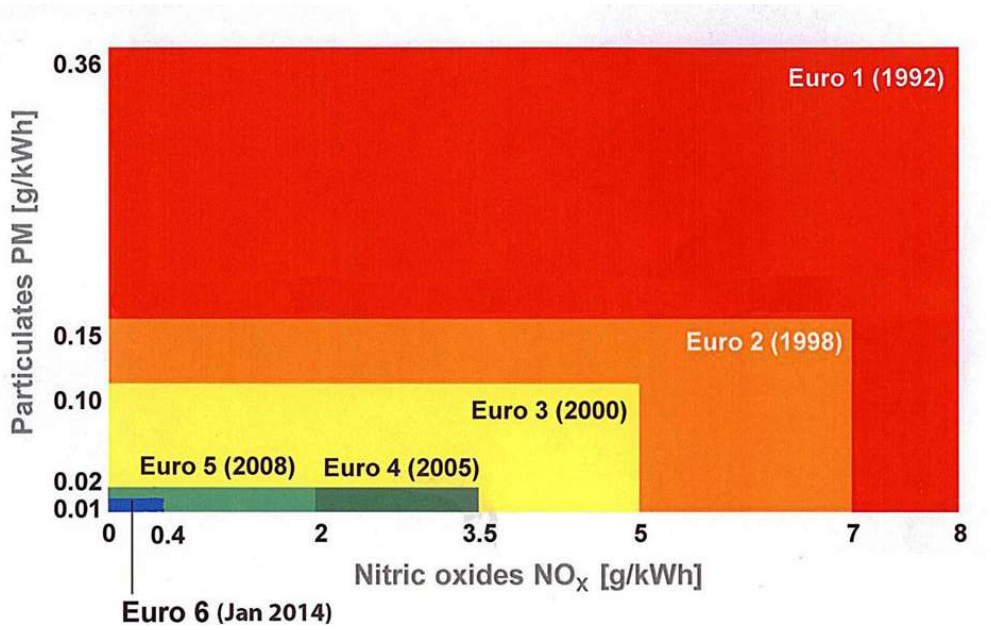


Figura 10. Historia de las regulaciones de las emisiones EURO, con respecto a material particulado y óxido nítrico, adaptado. (ACEA, n.d.)

La vista hacia futuro incluye el mejoramiento de las cadenas de producción de vehículos y la mejora (al igual que la menor dependencia) de combustibles fósiles o, en su defecto, alternativas hacia los combustibles fósiles como lo son los vehículos híbridos, enchufables, eléctricos, o de baterías de hidrógeno; ofreciendo una alternativa hacia el consumidor que requiere movilización a nivel urbano se pueden lograr mejorías con respecto a la salud de las personas que conviven en el mismo lugar físico con los medios de transporte, siendo benéfico por la parte económica, de salubridad y progresión hacia nuevas fuentes y matrices de energía. (Bauer, Hofer, Althaus, Del Duce, & Simons, 2015; Erickson & Jennings, 2017)

Es de destacar que las políticas de salud pública se han hecho más rigurosas conforme han avanzado las investigaciones con respecto a la relación que posee la contaminación del aire, la presencia de material particulado en este, y los efectos que han presentado a nivel mundial. A fin de el año 2018 y posterior a la reunión de la OMS se establecerán nuevas políticas y estrategias para que la vigilancia, el manejo, y la mejora del aire sea un derecho a cumplirse y una obligación estatal hacia los habitantes.

9.2.8. Vigilancia epidemiológica de la contaminación del aire en la población mundial

La vigilancia epidemiológica es una herramienta de la Salud Pública que entrega datos de valor fundamental para la toma de decisiones con respecto a políticas de salud, se enfoca en un problema y lo investiga en una línea de tiempo para determinar su influencia en la salud de la población. Actualmente se le está dando importancia y un lugar en la toma de decisiones a la contaminación del aire, al ser un factor de riesgo para enfermedades cardiovasculares su monitoreo constante al igual que el monitoreo de los efectos que posee en la salud es una obligación para cada gobierno y entidades de salud. (Chile, 2002)

En Estados Unidos de América (USA) la agencia de protección ambiental ha determinado que la contaminación del aire y específicamente la contaminación del aire por material particulado se asocia directamente con la muerte prematura y aumenta el riesgo cardiovascular. Se estima que la expectativa de vida en las personas de USA se reduce en 2 años en promedio, relacionando la ciudad más contaminada con la de menor contaminación, podría extrapolarse este dato diciendo que si se erradica el cáncer en USA la expectativa de vida de la población aumentaría en 2 años. (Dockery, 2009)

Siendo el tráfico una de las mayores fuentes de contaminación del aire y uno de los responsables de la producción de material particulado, las regulaciones con respecto a la combustión de los motores y los gases del escape que se obtienen de estos son un pilar en la vigilancia epidemiológica, se entiende que hay relación espacio-temporal con respecto a cuando las personas ingresan más a los hospitales y de igual forma las exacerbaciones de las enfermedades respiratorias en la edad pediátrica y los adultos mayores. De igual manera cuando en las ciudades cosmopolitas se observa una neblina café en el horizonte de las ciudades con respecto al incremento del tráfico diario se correlacionó directamente con mayor cantidad de admisiones a nivel hospitalario. (Dirks, Scarfe, Talbot, Marshall, & Salmond, 2017; Samoli et al., 2016)

A pesar de que en varios estudios se está revisando la relación que posee el material particulado con el cáncer en diferentes aspectos: Cáncer de mama, útero, sistema respiratorio, etc. A pesar de esto todavía no se ha establecido una relación directa con patología cancerígena que sea diferente al cáncer de pulmón; el mecanismo fisiopatológico es claro y se conoce la cascada de inflamación que corresponde al

desarrollo del cáncer en general; de igual manera se ha relacionado la contaminación del aire y la carga del material particulado con casos de demencia en pacientes geriátricos, la relación con el ingreso hospitalario en niños que tienen asma, las hospitalizaciones que aumentan las personas que tienen EPOC, el riesgo cardiovascular que posee en las mujeres pre y posmenopáusicas. (Atkinson, Kang, Anderson, Mills, & Walton, 2014; Duan et al., 2017; Hystad, Villeneuve, Goldberg, Crouse, & Johnson, 2015; Phung et al., 2016; Power, Adar, Yanosky, & Weuve, 2016; Ranft et al., 2009)

Una forma simple y costo efectiva de la medición del material particulado es la gravimetría continua automática, esta mide el peso del material particulado que pasa a través de un filtro y se compara con el peso en vacío que posee el filtro inicialmente, estableciendo así un cociente entre ambos para dar un valor numérico para el PM 2.5 y PM 10. De igual manera se mide los gases y el componente gaseoso suspendido en aerosol por medio de espectroscopía en infrarrojo. (Chury, Sota, & Wendler, 2017; De Fuentes Navarta, Ojeda, & Rojas, 2008)

Este capítulo a pesar de ser corto demuestra que la preocupación que se le está otorgando a la calidad del aire es a nivel mundial y que va al mismo ritmo que el desarrollo y crecimiento de la población, la vigilancia epidemiológica se mantiene y el cambio constante al igual que la investigación se prolonga para saber los efectos ciertos y la relación que posee (o no) con diferentes patologías.

9.2.9. Quito: Ciudad, geografía, población y actualidad

San Francisco de Quito, una ciudad localizada en el recorrido de la cordillera de los Andes en la hoya de Guayllabamba y a la faldas del volcán Pichincha; situada a 2850 m.s.n.m. es la capital del Ecuador y la ciudad con el mayor número de empresas y movimiento económico del Ecuador, posee una población aproximada de 2’576.821 habitantes.(Gestión de comunicación MA, 2017) (INEC, 2010). Según el GaWC del año 2012, Quito es considerada una ciudad Beta-[2], siendo uno de los principales atractivos para negocios, empresas y sector económico dentro del Ecuador por lo tanto es una de las ciudades que más impuestos recauda a nivel del País. Su forma de gobierno es un gobierno municipal compuesto de 1 alcalde y 22 concejales los cuales manejan en conjunto una administración municipal con enfoque en distintos

[2] Se considera ciudades Alfa, Beta y Gamma, según la universidad de Loughbourough de Inglaterra, al nivel de impacto económico, social y cultural que poseen sobre la sociedad global. De igual manera deben cumplir requisitos urbanísticos, sociales, y demográficos. (Loughbourugh University of England, 2012; Rekers, 2012)

ejes: Salud, Ambiente, Territorio, Seguridad, Educación, Desarrollo y sostenibilidad, y Movilidad. (Municipio de Quito, 2018)(Loughbourugh University of England, 2012)

Gracias a su geografía y su distribución territorial Quito posee diversos tipos de clima propios del sistema de tierras altas, teniendo mosaicos de territorios que van desde el árido hasta el bosque subtropical. La topografía de la ciudad contribuye igualmente a la diferencia de temperaturas que se registran a lo largo de su extensión, posee 4 meses de sequía y el resto del año climas primaverales con temperaturas templadas que bordan los 27°C, aunque por la noche pueden descender hasta los 0°C e incluso presentar nevadas en las bordes de la ciudad. Quito es además una de las ciudades más cercanas al sol, esto, en conjunto con su ubicación geográfica hacen que la ciudad de Quito presente índices de radiación UV más alto que lo normal llegando inclusive a más de 24UI. (Andinos. & Andinos., 2006; Ger & Ger, 2006; *Quito Monthly Temperature weather history*, n.d.)

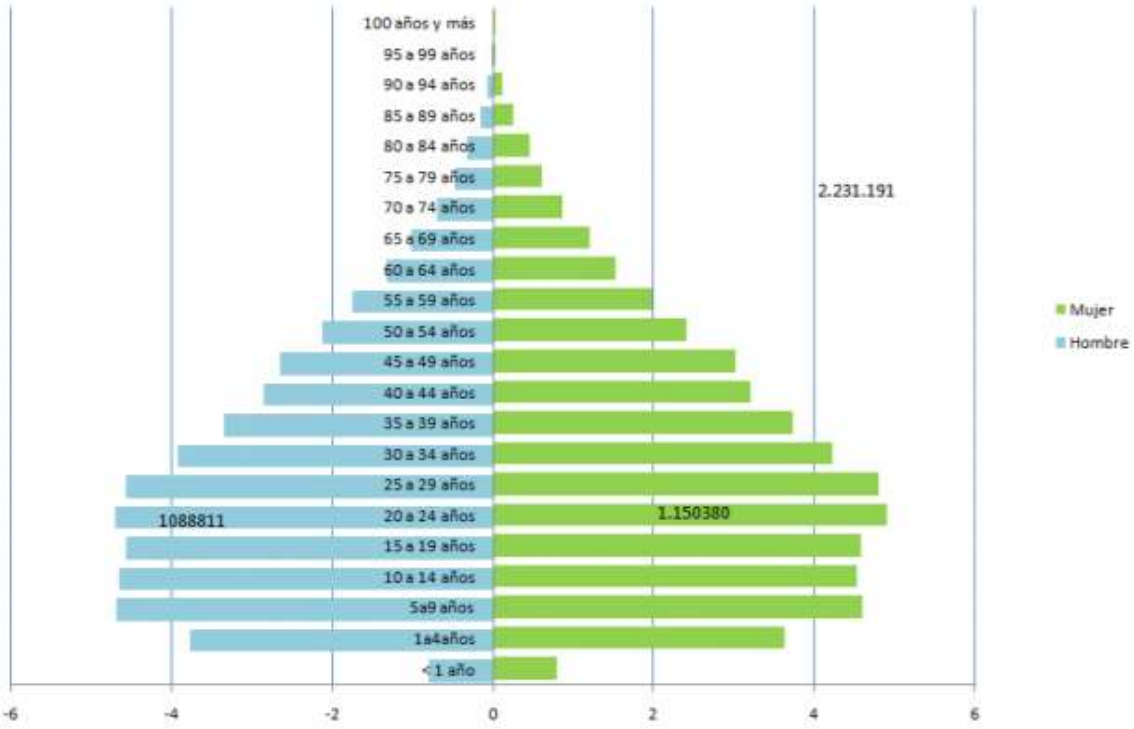


Figura 11. Distribución de la población de Quito(Instituto nacional de estadísticas y censos del Ecuador, 2010)

La población de Quito se concentra en la zona urbana representando aproximadamente el 72% de esta, los adultos jóvenes (20 a 39 años) representan al 34% de la población de Quito, seguida por niños y

adolescentes.(Figura 11) La expectativa de vida proyectada para el 2020 es de 78.3 años y una tasa de fecundidad de 2.0, por lo que la pirámide poblacional se ve invertida al igual que en el Ecuador, a lo largo de los años se ha ido conformando hasta sus asentamientos, siendo representada por una mejora en el sistema de salud y enfermedades prevenibles al igual que una mejora en la calidad de vida para los adultos y adultos mayores de la población. El 82.8% de la población de Quito se autoidentifica como mestizos y el resto de la población se autoidentifica como Blancos, Afro, e Indígenas. Las tasas de pobreza y falta de escolaridad aumentan conforme se acerca a los limites rurales de la población Quiteña siendo representando en su mayoría por Mujeres Analfabetas, Afroecuatorianos e Indígenas. Quito posee la mayor cobertura a nivel nacional con respecto a sistema de saneamiento, llegando a coberturas de 98.99% en zonas urbanas incluyendo servicios como: Agua potable, Alcantarillado, Luz eléctrica y Recolección de basura. Aproximadamente un 40.9% de las personas en Quito no poseen cobertura de salud, 48.8% poseen cobertura del sistema de seguro social y 5.7% de la población posee seguro privado de salud. (INEC, 2017)(Instituto nacional de estadísticas y censos del Ecuador, 2010)

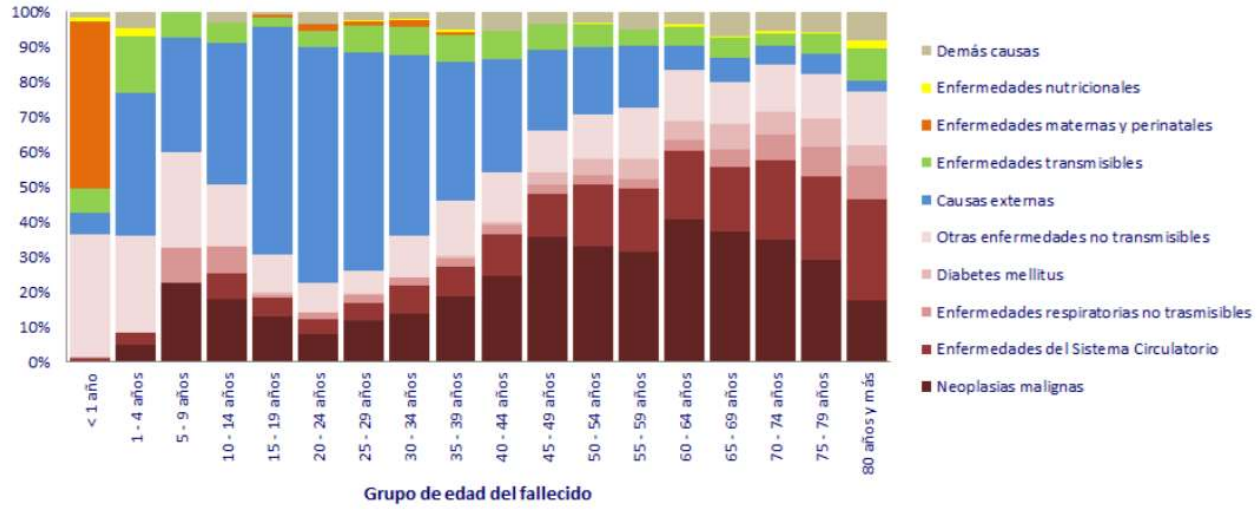


Figura 12. Causas generales de mortalidad en grupos etarios en la ciudad de Quito. (Ruales Estupiñán, Jaramillo, Bustamante, Silvia, & Narváez, 2017)

Las principales causas de muerte en la población de Quito son: Muerte por neoplasias malignas (22.9%) seguida por Enfermedades del sistema circulatorio (20.8%), entre ellas las enfermedades isquémicas del corazón son la primera causa diagnosticada de muerte, seguida por enfermedades cerebrovasculares, diabetes mellitus, influenza y neumonía. A pesar de esto las causas de muerte en la población difieren con respecto al grupo etario, siendo causas externas la principal representante en el grupo poblacional de

adultos jóvenes (Figura 12). (Instituto nacional de estadísticas y censos del Ecuador, 2010; Ruales Estupiñán et al., 2017)

La mortalidad materna registrada hasta el 2016 fue de 28 x 100000 nacidos vivos, siendo las complicaciones no obstétricas o enfermedades preexistentes las relacionadas al 46% de las muertes maternas en la población de Quito. La tasa de mortalidad infantil fue de 11.3 x 100000 nacidos vivos para el 2016, dentro de las cuales la mayoría son representados por anomalías congénitas y prematuridad representando aproximadamente el 59% de la mortalidad infantil global. (INEC, 2017; Ruales Estupiñán et al., 2017)

Quito al ser una ciudad que se encuentra en constante desarrollo tanto económico, demográfico, social y cultural requiere de una promoción de salud adaptada a las circunstancias propias y específicas de cada sector y de cada grupo poblacional, de una manera sostenible y que pueda adaptarse de manera estratégica a lo largo de los años para mejorar la calidad de vida de las personas que viven y residen en la ciudad. La red de monitoreo ambiental de la ciudad de Quito posee una estricta relación con la salud de las personas que habitan en Quito, al ser un observatorio constante de cómo las condiciones ambientales pueden cambiar espontáneamente, un monitoreo e información en tiempo real son adecuadas para la toma de decisiones en materia de salud. En la ciudad se da importancia en especial a dos puntos críticos o factores externos que afectan la calidad ambiental del diario vivir: el índice de radiación UV y el índice quiteño de la calidad del aire. Ambos se los puede encontrar en la página web de la secretaria del ambiente y sus resultados son arrojados en tiempo real.

El monitoreo del aire representa un punto importante como ciudad avanzada, como ha sido mencionado por varias veces en esta investigación, se relaciona al material particulado menor a 2.5 micrómetros el responsable directo de más de 8 millones de muertes a nivel mundial y un estricto manejo y estandarización de este compete al municipio de la ciudad como un pilar fundamental para el manejo ambiental y de salubridad de los habitantes, además del ambiente de la ciudad. **Se estima que el 100% de la población de Quito se encuentra expuesta a niveles por encima de la norma ecuatoriana de calidad del aire para PM2.5; la norma de la OMS se encuentra en $10_{ug/m^3}$, mientras que la norma ecuatoriana mantiene un estándar de 14 $_{ug/m^3}$, en Quito dentro la zona urbana se sobrepasó todo el tiempo este mínimo, teniendo una media durante el año 2016 de 17.2 $_{ug/m^3}$** (Díaz, 2018; Ruales Estupiñán et al., 2017)**.**

Para poder estandarizar el conocimiento y las actitudes que se toman para con respecto al problema de la calidad del aire, Quito diseñó el IQCA, una tabla alfanumérica coloreada que indica las actitudes a

tomarse al igual que las concentraciones y un estimado de cómo se encuentra el aire a nivel general para que los habitantes tomen actitudes con respecto a las diferentes concentraciones y sepan cómo actuar ante desastres o concentraciones peligrosas de contaminantes en la ciudad. El monitoreo del aire se realiza en distintas locaciones ubicadas estratégicamente en la ciudad de Quito y las cuales se encuentran constantemente monitorizando la calidad del aire de sus alrededores y proporcionando datos cada hora los 365 días del año. Las locaciones son:

1. Carapungo
2. Cotocollao
3. Belisario
4. Centro
5. Camal
6. Guamaní
7. Los chillos
8. Tumbaco
9. San Antonio de Pichincha

Contaminante	Número equipos	Ubicación	Método de medida o principio de operación	Marca y modelo
Material particulado PM10	4	Tum, Gua, Car, Sap	Atenuación de rayos beta (Método equivalente para PM10 EPA No. EQPM-1102-150)	Thermo Scientific/FH62C14
Material particulado PM2.5	6	Bel, Cam, Cen, Cot, Car, Sap	Atenuación de rayos beta (Método equivalente para PM10 EPA No. EQPM-1102-150)	Thermo Andersen / FH62C14
Dióxido de azufre (SO2)	7	Bel, Cam, Cen, Tum, Cot, Car, Chi	Fluorescencia por pulsos de luz ultravioleta (Método equivalente EPA No. EQSA-0486-060)	THERMO 43C / 43i
Dióxido de azufre (SO2)	2	Laboratorio Estándares, E. móvil	Fluorescencia ultravioleta (Método equivalente EPA No. EQSA-0495-0100)	TELEDYNE API / T100
Ozono (O3)	10	Bel, Cam, Cen, Tum, Chi, Cot, Car, Gua, Jip*, Lab. Electrónico	Absorción de luz ultravioleta (Método equivalente EPA No. EQOA-0880-047	THERMO 49C / 49i
Ozono (O3)	2	Laboratorio Estándares, E. móvil	Absorción de luz ultravioleta (Método equivalente EPA No. EQOA-0992-087	TELEDYNE API / T400
Óxidos de nitrógeno (NOX)	8	Bel, Cam, Cen, Cot, Car, Gua, Jip, Chi	Quimiluminiscencia (Método de referencia EPA No. RFNA-1289-074)	THERMO 42C / 42i
Óxidos de nitrógeno (NOX)	2	Laboratorio Estándares, E. móvil	Quimiluminiscencia (Método de referencia EPA No. RFNA-1194-099)	TELEDYNE API / T200
Monóxido de carbono (CO)	8	Bel, Cam, Cen, Cot, Car, Gua, Jip, Lab. Electrónico	Absorción infrarroja no dispersiva (Método de referencia EPA No. RFCA-0981-054)	THERMO / 48C / 48i
Monóxido de carbono (CO)	2	Laboratorio Estándares, E. móvil	Absorción infrarroja no dispersiva (Método de referencia EPA No. RFCA-1093-093)	TELEDYNE API/ T300
Multicalibrador (SO2, NOX, CO, O3)	12	Bel, Cam, Cen, Tum, Chi, Cot, Car, Gua, Jip, Lab. Electrónico, E. móvil	Principio de operación: Dilución de gases, aire cero con un material de referencia certificado (contaminante de concentración conocida).	THERMO/ 146C / 146i
Multicalibrador (SO2, NOX, CO, O3)	1	Laboratorio Estándares	Principio de operación: Dilución de gases, aire cero con un material de referencia certificado (contaminante de concentración conocida).	TELEDYNE API/ 700E

Figura 13. Locaciones de las estaciones de monitoreo del aire en el DMQ y sus funciones. (Díaz, 2018)

A pesar de existir diversas locaciones, no todas cumplen las mismas funciones y tan sólo algunas se especializan o tienen los instrumentos para realizar la medición de contaminantes específicos. De igual manera el procesamiento de datos determina que cada año se proporcione un informe de conocimiento público acerca de cómo se ha mantenido la tendencia de los contaminantes a lo largo del año, igualmente se utiliza esta información para decisiones políticas y de salud acerca de los contaminantes, en el plan de salud del municipio de Quito para el año 2025 se propone que la calidad del aire y la salud ambiental sea uno de los puntos a tomar en consideración para con respecto a la salud global de la población y que los factores externos a la población sean controlados de manera más estricta. En Ecuador se han estimado costos y datos acerca de cómo la contaminación del aire ha afectado tanto en la salud pública, cuanto en la economía del país a lo largo de los años. (Díaz, 2018)

Existen además otros proyectos de promoción de salud, pero como estos no se relacionan directamente con el hilo de esta investigación por lo que no serán revisados a profundidad.

Este trabajo de investigación aportará con datos de importancia epidemiológica y será fuente para tomas de decisiones para un mejor manejo del amplio rango de patologías que presenta la población ecuatoriana y particularmente las personas en la ciudad de Quito. Otro aporte que realizará esta investigación será hacia la salud pública, para que por medio de información científica se logre tomar las mejores decisiones hacia la población de la ciudad de Quito, exista mejor promoción de la salud y pueda disminuirse en algún futuro la prevalencia de enfermedades crónicas no transmisibles.

10. Limitaciones

Al haber utilizado encuestas para conocer los datos antropométricos de los sujetos de estudio, sus condiciones respiratorias de base y su tiempo de residencia, puede que los datos no sean exactos y que los sujetos hayan proporcionado información falsa.

Al haber sido realizada la espirometría durante la época de sequía en la ciudad de Quito, las personas pudieron haber percibido mayor agravamiento en la incidencia de infecciones respiratorias agudas, por lo que los datos pueden variar temporalmente.

Al no presentar apertura por parte de ciertas empresas, muchos datos de vital importancia como trabajadores de cabinas de peaje, personas que trabajan con quema de combustibles constantemente y personal que trabaja en las calles de la ciudad manejando el tráfico, los datos pueden presentar variaciones normales con respecto a la realidad.

A pesar de que se tomarán en cuenta a personas que tengan o hayan tenido hábito tabáquico, la ponderación será ajustada con respecto a la norma establecida para la población fumadora.

11. Hipótesis, Problemas y objetivos

11.1. Problema

La contaminación del aire en relación directa con la concentración de partículas por millón de diferentes tamaños, la fluctuación en la concentración de estas partículas y sus cambios temporales, generan problemas en el tracto respiratorio de la población en general e igualmente desencadena exacerbaciones en las personas que tienen patología de base.

11.2. Hipótesis

Las concentraciones de partículas por millón son causantes, responsables, y factores de riesgo de la exacerbación de enfermedades respiratorias de base o la disminución en la función respiratoria en las mismas

11.3. Objetivos

11.3.1. General

Describir y analizar la relación existente entre la exposición a diferentes niveles de contaminación de aire y los cambios en valores espirométricos de la población expuesta a altos, medianos, y bajos niveles de contaminación de aire en la ciudad de Quito, al igual que sus conocimientos, prácticas y preocupaciones con respecto a la contaminación del aire de la ciudad de Quito, Ecuador.

11.3.2. Específicos

- Analizar y describir la correlación existente entre la exposición a distintos niveles de contaminación de aire y sus efectos en la fisiología pulmonar, de igual manera analizar y describir sus efectos en el curso de las enfermedades respiratorias agudas y sus efectos en las enfermedades respiratorias crónicas no transmisibles.
- Describir por medio de entrevistas semiestructuradas y encuestas orientadas el nivel de preocupación y conocimiento de la población con respecto a salud ambiental, niveles de contaminación, y prevención primaria de las enfermedades respiratorias.

12. Estrategia metodológica

12.1. Justificación

La contaminación del aire ambiente en las últimas décadas ha tenido igual velocidad y ritmo que la aparición de nuevas patologías asociadas a la contaminación ambiental. El aire siendo uno de los principales afectados ha logrado que en la época actual se encuentre dentro de una de las causas de

mortalidad cardiovascular, decrecimiento en la función respiratoria y disminución de la expectativa de vida en las zonas más contaminadas del mundo (Ebenstein et al., 2015; Pope et al., 2009). La evidencia que se encuentra disponible mundialmente asienta sus bases en el material particulado (PM) y sus efectos en las mutaciones genéticas, la salud cardiorrespiratoria y las posibles complicaciones de enfermedades preexistentes (Kim et al., 2015).

En $PM_{2.5}$ ha sido donde recae la mayor responsabilidad de entre todas las partículas que se encuentran en el aire, por lo que la gran parte de investigaciones y conocimiento se han dirigido hacia esa partícula. $PM_{2.5}$ y PM_{10} son partículas que se encuentran suspendidas en el aire y se transportan en toda la atmósfera terrestre por medio de las corrientes de aire y son el resultado de las actividades que realiza el ser humano y de igual manera la erosión natural de la tierra. $PM_{2.5}$ proviene de distintas fuentes, pero todas teniendo combustión en común: vehículos automóviles, plantas de energía, quema de madera, quemas agrícolas, incendios forestales y ciertos procesos industriales. PM_{10} en cambio proviene del desgaste de los productos, carreteras sin pavimentar, levantamiento de polvo de causa industrial. Estas son de causa y origen meteorológico y geológico, correspondiendo diferentes concentraciones a diferentes entornos. Su tamaño microscópico y su capacidad de viajar a través de las corrientes de aire hacen que ambas sean causantes, y agravantes de enfermedades que involucren el tracto respiratorio de los seres vivos, además de causar cambios en el patrimonio natural y urbano. (Apte, Marshall, Cohen, & Brauer, 2015; Wang, 2014)

El aire limpio es un derecho que el ser humano posee y las políticas que se aplican hacia una conducta para mejorar la salud en general, ahorros para programas de salud pública, costos de ausentismo laboral y desempeño laboral, al igual que mejoría en índices demográficos, por sólo mencionar unos cuantos, son algunos beneficios del monitoreo continuo del aire y la implementación de políticas para que este sea adecuado para el "consumo" humano y se pueda acceder a una vida digna con salud, bienestar y un fructífero futuro (Castro, Künzli, & Götschi, 2017; Ebenstein et al., 2015; Isen, Rossin-Slater, & Walker, 2017).

Este estudio basa su justificación en la falta de bibliografía y conocimiento científico en la población de Quito, otorgando así material científico de calidad y datos verídicos de cómo es que la contaminación hace efecto en la salud de las personas, de igual manera intenta proveer datos reales de cómo es que los efectos de la contaminación ambiental son percibidos por parte de la población quiteña y cuáles son las posibles soluciones que ellos pueden percibir a corto, mediano y largo plazo; se intentará implementar de igual manera la tabla del IQCA (Figura 14) de esta manera las personas involucradas en el estudio tengan mayor

conocimiento acerca de indicadores que posee el cabildo quiteño y que se encuentran a disposición de la población, proyectando la difusión de esta por medios de consumo masivo para que sea de utilidad poblacional.

Al mismo tiempo se proveerá material de calidad investigativo para que en un futuro el mismo pueda ser base para cambios a nivel estructural y político en la sociedad y de esta manera obtener mayor control y seguimiento de la calidad medioambiental en la ciudad de Quito y en el país en general.

Rangos	Condición desde el punto de vista de la salud	Color de identificación
0– 50	Óptima.	Blanco
50– 100	Buena.	Verde
100 –200	No saludable para individuos extremadamente sensibles (enfermos crónicos y convalecientes).	Gris
200 –300	No saludable para individuos sensibles (enfermos).	Amarillo
300 –400	No saludable para la mayoría de la población y peligrosa para individuos sensibles.	Naranja
400 –500	Peligrosa para toda la población.	Rojo

Figura 14. Índice quiteño de la calidad del aire (Municipio del distrito metropolitano de Quito, n.d.)

Durante los años el IQCA ha sufrido cambios al igual que el comportamiento de las concentraciones de partículas suspendidas en el aire, pero a pesar de tener índices “buenos” con respecto a la tabla establecida, no se ha valorado el estado de salud de las personas y sus efectos a largo plazo. EI IQCA se ha venido monitorizando desde el año 2006 con regularidad con lo que al año 2018 podríamos ver cambios importantes con respecto a la cronología de eventos que han determinado aumento o disminución del material particulado y en las zonas más contaminadas poder establecer si existen asociaciones directas con respecto a la exposición continua de material particulado suspendido y enfermedades nuevas, o exacerbación de las mismas en la población adyacente, al mismo tiempo determinando la carga de la enfermedad y los años perdidos de vida con respecto a medidas correctivas para la mejora de la calidad del aire.

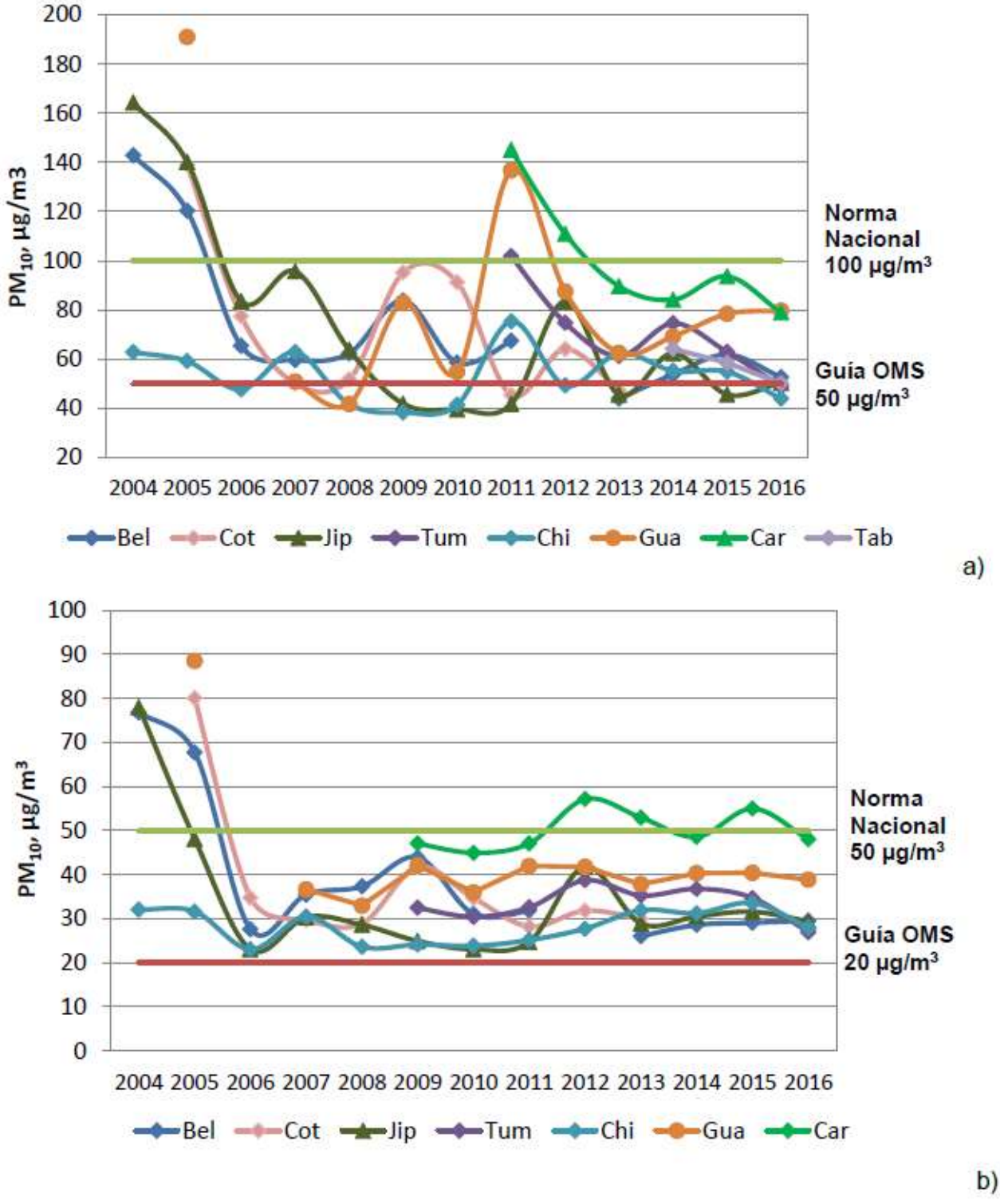


Figura 15. Tendencias para PM10 con respecto a las estaciones de monitoreo automático y cronológicamente. a) percentil 98 b)promedio anual (Municipio del distrito metropolitano de Quito, n.d.)

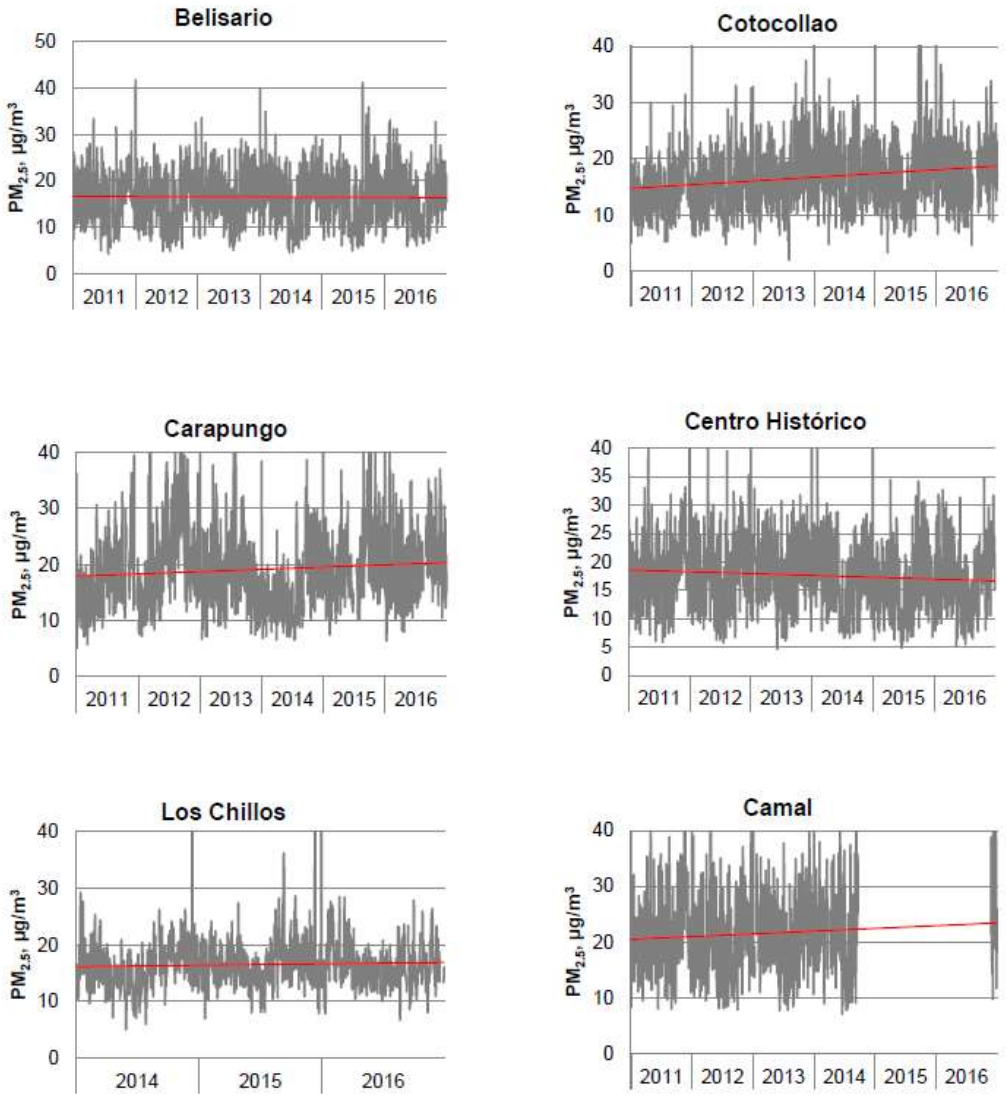


Figura 16. Tendencia en 24 horas de las concentraciones de PM25 con respecto a cronología y localización (Municipio del distrito metropolitano de Quito, n.d.).

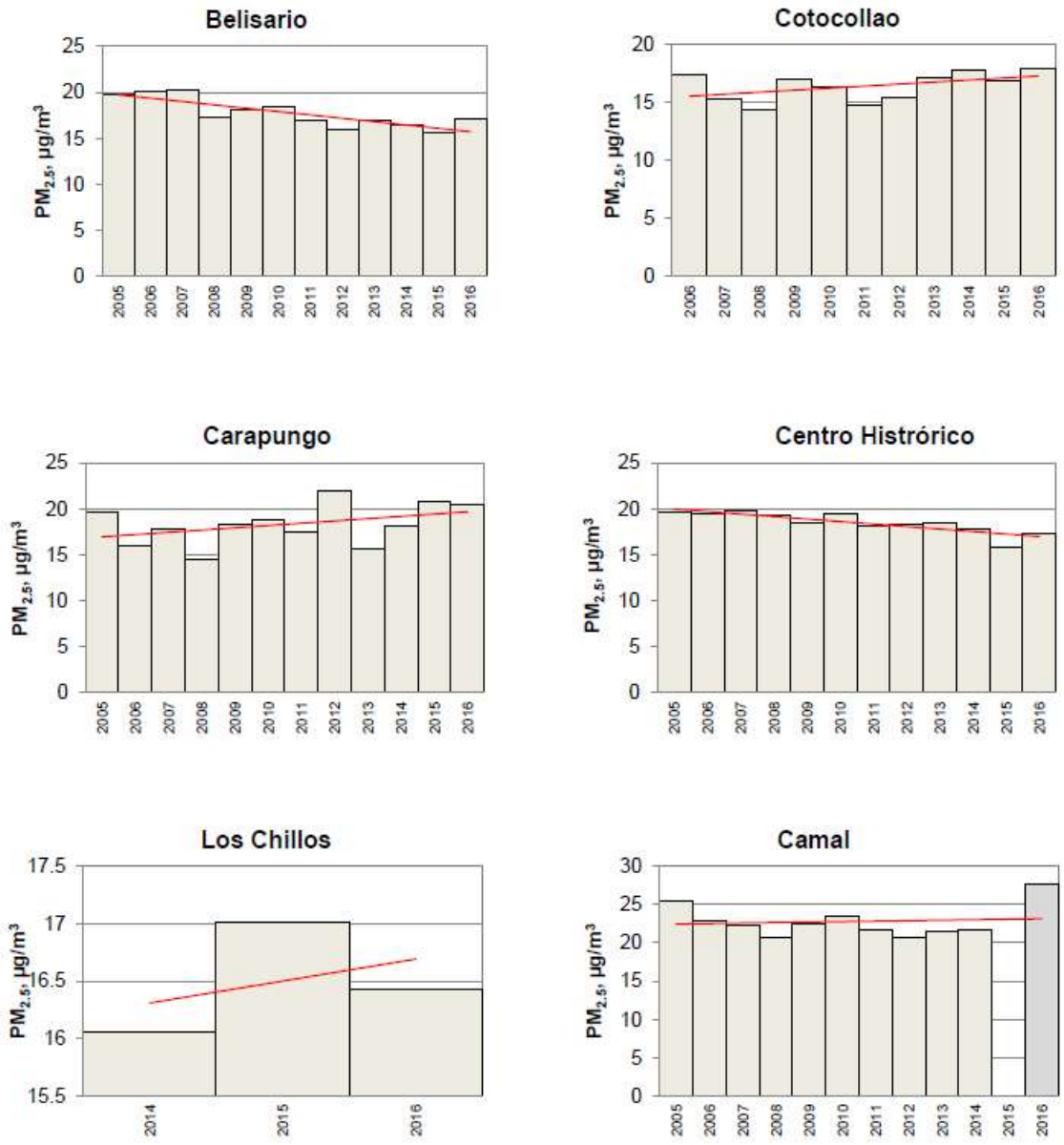


Figura 17. Tendencia anual de las concentraciones de PM25 por sector (Municipio del distrito metropolitano de Quito, n.d.).

Al ser PM25 el mayor foco de contaminación, el más relacionado y estudiado con respecto al desarrollo o recidiva de patologías respiratorias, al igual que su relación con problemas de salud general, será el investigado con mayor énfasis.

12.2. Planteamiento del problema

El trabajo de investigación presente resuelve varias necesidades poblacionales y académicas, proveerá información tanto a autoridades sanitarias, cuanto a personal de las ramas de ciencias de la vida y población en general, ya que, a falta de literatura científica y conocimiento de datos locales, un aporte de

esta magnitud será aplicable y bienvenido. El aire de la ciudad de Quito se encuentra monitorizado constantemente y la evidencia nos indica que Ecuador presenta un índice bajo de enfermedades asociadas a los problemas medio ambientales, más a pesar de esto no se han hallado datos de cómo estas fluctuaciones en las partículas nocivas del aire pueden generar problemas a nivel del sistema respiratorio de manera aguda y crónica (Ballester et al., 2010; Castro et al., 2017; Ranft et al., 2009). La forma en cómo se percibe la contaminación del aire y las acciones positivas o negativas que tiene la población quiteña para alentar o mitigar este problema son desconocidas y las soluciones que se plantearán en un futuro deberán ser basadas en estos datos. La espirometría como dato "histórico" proveerá información objetiva de cómo se encuentra el estado pulmonar y como presenta alteraciones con referencia a la curva basal esperada poblacional (Adam et al., 2015; Int Panis et al., 2017; Köpf et al., 2017; Morales et al., 2015; Ranft et al., 2009; Schultz et al., 2016).

12.3. Metodología

12.3.1. Tipo de estudio y tipo de metodología

Estudio cuantitativo y cualitativo, analítico y descriptivo de cohorte que tomará una muestra de la población de la ciudad de Quito, Ecuador, la cual consta de 2'576.281 personas hacia el año 2010 (INEC, 2017).

La estrategia cuantitativa determinará de manera objetiva los efectos de la exposición a la contaminación por medio de datos numéricos y estadísticos con respecto a los diferentes grupos de exposición, de igual manera, los datos serán contrapuestos con la información de la estrategia cualitativa.

La estrategia cualitativa consiste en indagar y escuchar a los entrevistados y obtener datos de su: conocimiento, nivel de preocupación y actitudes, hacia los diferentes problemas que ocasiona la contaminación del aire para complementar y potenciar los datos obtenidos estadísticamente. Se aplicará a través de entrevistas semiestructuradas serán el medio para obtener la información y la etnografía será la herramienta de acercamiento hacia los entrevistados.

La muestra se dividirá en tres grupos: alto, mediano, y bajo nivel de contaminación de aire, en cada sector de la ciudad dividido por las estaciones en donde se monitoriza el aire, tomando en cuenta los sectores donde se monitoriza PM10 o PM25. Dividiendo así en base a los datos históricos otorgados por el municipio de Quito, en zonas a investigarse y repartir la muestra. Estableciendo esto de forma objetiva y subjetiva. Por lo cual la muestra se divide en 3 criterios:

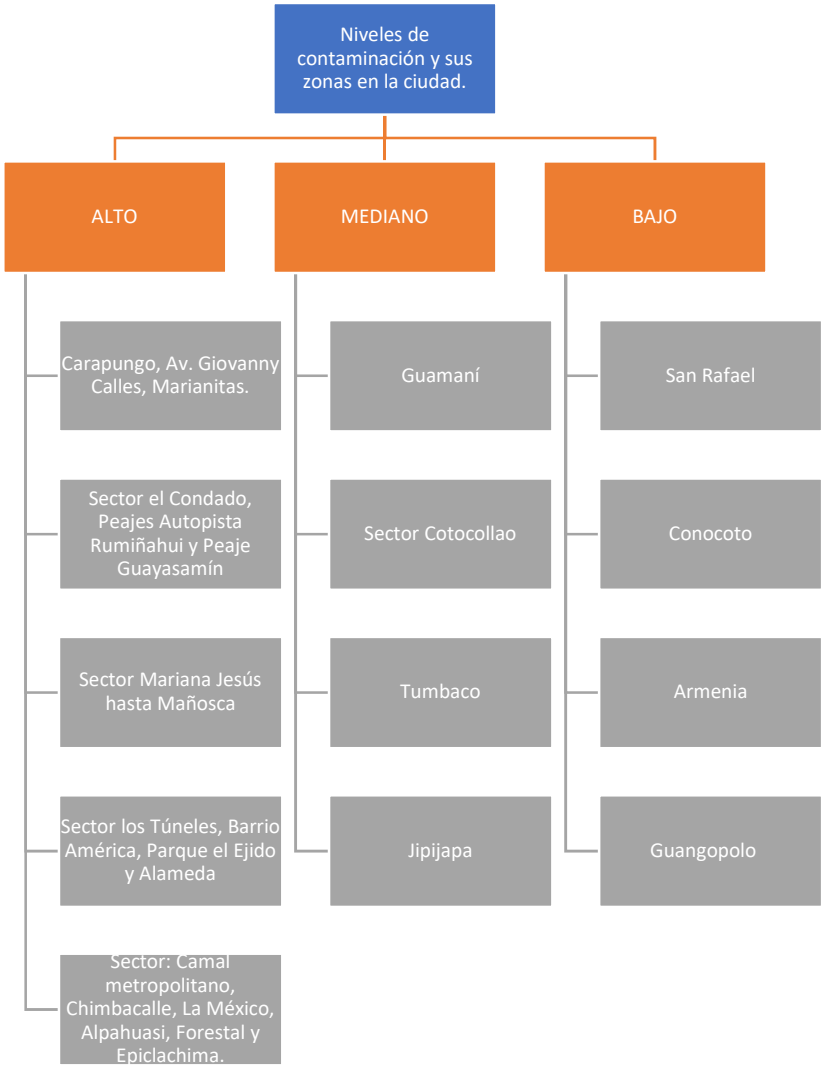


Figura 18. Zonas expuestas a distintos niveles de contaminación. Autor: Bryan Rosero C. (Municipio del distrito metropolitano de Quito, n.d.).

Objetivamente: según los niveles de contaminación que se encuentren más elevados con respecto a los datos otorgados por la red de monitoreo ambiental de la ciudad de Quito, fachadas de las casas aledañas a las zonas y alto movimiento vehicular en horas pico de tráfico.

Subjetivamente: conforme a lo que se haya observado, indagado e investigado en la población en un censo piloto difundido de manera aleatoria, sólo como conocimiento general y valor poblacional.

Posteriormente, se dividirá a la población de estudio en grupos representativos de la muestra y se procederá a realizar espirometría portátil a los individuos mencionados previamente; estos datos serán comparados en primer lugar con la línea basal determinada para cada grupo particular de personas (la

cuál viene definida cómo estándar basado en estudios poblacionales) y se establecerá si hubo cambios con respecto a lo esperado para ese grupo etario, dependiente de sexo y años de exposición.

12.3.2. Fase cuantitativa

12.3.2.1. Operación de variables

Tabla 2. Operación de variables cuantitativas

VARIABLE	VALOR	DESCRIPCIÓN	INDICADOR
Edad	Número	Numérica expresada en años	Promedio, media, mediana, moda.
Sexo	Hombre Mujer	Sexo genotípico	Porcentaje.
Peso	Número	Numérica expresada en kilogramos	Promedio, media, mediana, moda
Talla	Número	Numérica expresada en metros	Promedio, media, mediana, moda.
Condición respiratoria de base	Si No	Patología de base	Porcentaje
Exacerbaciones en el último año	Si No	Ha presentado complicaciones o recurrencias de su enfermedad de base	Porcentaje
Fumador	Si No	Fuma actualmente	Porcentaje
Cigarrillos a la semana	Número	Número expresado en paquetes por día	Promedio, media, mediana, moda
Horas de exposición diarias a la contaminación	Número	Numérica expresada en horas	Promedio, media, mediana, moda

Medidas de protección	Si No	Implementos para seguridad laboral y ante contaminantes externos	Porcentaje
Número de problemas respiratorios en el último año	Número	Numérica expresada sin unidades	Promedio, media, mediana, moda
1.FVC (Capacidad vital forzada)	Número	Numérica expresada en litros	Promedio, media, mediana, moda
2.FEV1 (Fracción espirada de aire en 1 segundo)	Número	Numérica expresada en litros	Promedio, media, mediana, moda
3.FEV1% (Fracción espirada de aire en 1 segundo en porcentaje con respecto al máximo)	Número	Numérica expresada en porcentaje	Promedio, media, mediana, moda
6.PEF (Pico de flujo espiratorio)	Número	Numérica expresada en litros por segundo	Promedio, media, mediana, moda
5.FEF25 (Flujo espiratorio medio 25%)	Número	Numérica expresada en litros/segundo	Promedio, media, mediana, moda
5.FEF75 (Flujo espiratorio medio 75%)	Número	Numérica expresada en litros/segundo	Promedio, media, mediana, moda
5.FEF2575 (Cociente de flujos espiratorios medios)	Número	Numérica expresada en litros/segundo	Promedio, media, mediana, moda

3[3].FEV1/FVC (Relación entre volumen espiratorio forzado en el primer segundo sobre la capacidad vital forzada)	Número	Numérica expresada en porcentaje	Promedio, media, mediana, moda

12.3.2.2. Criterios de inclusión y exclusión

12.3.2.2.1. Inclusión

Personas que se encuentren entre los 16 y 65 años

Personas que deseen participar en el estudio por medio del consentimiento o asentimiento informado

Personas que hayan residido en la ciudad de Quito por lo menos durante los últimos 10 años continuamente

12.3.2.2.2. Exclusión

Personas que se encuentren por debajo de los 16 años y mayores de 65 años

Personas que no deseen participar en el estudio por medio del consentimiento informado o que no tengan autorización para hacerlo

Personas que residan en la ciudad de Quito en un periodo menor a 10 años continuamente

12.3.2.3. Muestra

Por medio de la fórmula para la obtención de la muestra:

[3] Favor, revisar definiciones en la página 37.

$$n = \frac{N \times Z_a^2 \times p \times q}{d^2 \times (N-1) + Z_a^2 \times p \times q}$$

Siendo N el universo de la población de Quito que representa 2576821 personas al año 2010, y con un margen de error del 5% se obtuvo el resultado de **384 personas**.

La muestra se dividirá en: Alto: 192 personas representando el 50% de la muestra, Mediano: 96 personas representando el 25% de la muestra, y Bajo: 96 personas representando el 25% de la muestra, siendo representativa la muestra en cada sector.

12.3.2.4. Obtención de la información

Los datos se obtendrán a partir de datos de espirometría portátil de las personas que libremente deseen participar en el estudio, los mismos que deben cumplir los criterios de inclusión y previamente haber aceptado el consentimiento o asentimiento informado.

12.3.2.5. Análisis de variables

Se realizará correlaciones para cruzar cada variable con respecto a otra de igual interés y así obtener datos con la mayor fiabilidad posible, por medio de una base de datos en Microsoft Excel importada al software de análisis estadístico SPSS.

Las principales variables por analizar serán:

Zona de contaminación vs. FEV1, FVC, PEF, FEF75, FEF2575 reales y esperadas

Parámetros espirométricos vs Edad vs Sexo vs Línea de base vs tiempo de exposición

Porcentajes y valores demográficos de la población de Quito.

12.3.3. Fase cualitativa

Las entrevistas se realizan escuchando, viendo, preguntando y observando, un trabajo meramente etnográfico para obtener información relevante e importante a nivel social. Darle un impulso al trabajo y mayor fortaleza a partir de las preocupaciones y formas de ver de las personas hacia un problema que muchas veces se encuentra conceptualizado como normal.

El poder conocer la verdad depende meramente de los instrumentos que se utilicen para que la misma pueda ser evaluada y receptada de cómo es en realidad el diario vivir de cada persona en su propio contexto**, los instrumentos etnográficos no buscan reñir con los métodos matemáticos, en todo lo contrario en este estudio proponen darles un valor añadido, una realidad aplicada y un contexto social de una problemática objetiva (Hammersley & Atkinson, 1994).**

12.3.3.1. Operación de variables

Tabla 3. Operación de variables cualitativas

VARIABLE	DEFINICIÓN	TEMAS/INDICADORES	INSTRUMENTOS
Nombre	Palabra o conjunto de palabras con las que se designan y se distinguen los seres vivos y los objetos físicos o abstractos. *	Para fines de acercamiento al entrevistador	Entrevista abierta semiestructurada
Sexo	Definición nominal: condición de un organismo que distingue entre masculino y femenino. *	Hombre/Mujer	Entrevista abierta semiestructurada
Edad	Tiempo que ha vivido una persona u otro ser vivo contando desde su nacimiento *	Número de años	Entrevista abierta semiestructurada

Ocupación	Actividad desempeñada por el cuidador para obtener remuneraciones *	Tipo de actividad que desempeña la persona	Entrevista abierta semiestructurada
Zona de contaminación	Zona determinada por el investigador: alto, mediano, bajo *	Alto/Medio/Bajo	Entrevista abierta semiestructurada
Años de residencia en Quito	Cantidad en tiempo expresado en años acerca del tiempo que ha residido en la ciudad *	Número de años	Entrevista abierta semiestructurada
Años de residencia en la zona	Cantidad en tiempo expresado en años acerca del tiempo que ha residido en el mismo sector de la ciudad *	Número de años	Entrevista abierta semiestructurada
Conocimientos acerca de la contaminación medioambiental	Hechos o información adquiridos por una persona acerca de un tema específico *	Percepción y conocimientos acerca de problemas relacionados a	Entrevista abierta semiestructurada

		contaminación del ambiente	
Conocimientos acerca de la contaminación del aire	Hechos o información adquiridos por una persona acerca de un tema en específico, en este caso con respecto a la contaminación del aire *	Percepción y conocimientos acerca de la contaminación del aire	Entrevista abierta semiestructurada
Variación temporo-espacial de la contaminación	Percepción propia acerca de cómo la contaminación del aire presenta *	Percepción y conocimientos acerca de épocas del año y cambios diarios o estacionales con respecto a la contaminación	Entrevista abierta semiestructurada
Actitudes con respecto a la contaminación	Comportamiento que emplea un individuo hacia ciertas labores, su forma de ser o actuar. *	Actitudes que posee la persona para mitigar o promover la contaminación	Entrevista abierta semiestructurada
Efectos de la contaminación percibidos	Manera en la que el cerebro interpreta estímulos a través de los	Interpretación y asociación de los efectos percibidos por el entrevistado	Entrevista abierta semiestructurada

	sentidos para formar una impresión consciente de la realidad física de su entorno. *		
Expectativas a futuro de la problemática	Esperanza, sueño o ilusión acerca de determinado propósito. *	Ideas o ambiciones a futuro inmediato con respecto al problema	Entrevista abierta semiestructurada
Prácticas de salud con respecto a la contaminación ambiental	Acción que se desarrolla con la aplicación de ciertos conocimientos *	Acciones y actitudes que posee la persona a favor o en contra de la contaminación ambiental y del aire	Entrevista abierta semiestructurada
Sugerencias y demanda social	Propuesta, insinuación o recomendaciones ante problemáticas y exigencias o necesidades que presenta una sociedad con respecto a una carencia de un servicio. *	Exigencias que propone el individuo para con respecto a su anhelo de cambio o expectativa propia de leyes aplicadas a cambios.	Entrevista abierta semiestructurada

*=(Real Academia de la lengua Española, 2018)

12.3.3.2. Selección de informantes

Personas que deseen participar libremente respondiendo la encuesta, pueden ser las personas a las que se les realiza la espirometría o personas aparte que cumplan con los criterios de inclusión antes

mencionados, repartidos en 3 grupos: Alto, medio, y bajo nivel de contaminación, a razón de 4 participantes por grupo o hasta saturar la información cualitativa.

12.3.3.3. Obtención de la información

Se realizarán entrevistas semiestructuradas, con preguntas abiertas realizando grabaciones de las entrevistas y recopilando la información de estas para obtener datos etnográficos de la evaluación.

12.3.3.4. Recolección de información

Se realizará entrevista semiestructurada directamente al informante para constatar las ideas que poseen las personas acerca del tema de investigación, las practicas que posee a favor o en contra de la contaminación ambiental y las actitudes al igual que como percibe la persona la información acerca de la contaminación medioambiental.

12.3.3.5. Análisis de datos

Se obtendrán factores en común con respecto a las respuestas abiertas de las personas llegando a conclusiones abiertas acerca de cómo las personas perciben la contaminación medio ambiental y que medidas paliativas hacia la misma poseen, todo esto por medio del software Office 2016 Word.

12.3.4. Aspectos bioéticos

Procedimiento: se realizará encuestas, entrevistas semiestructuradas y espirometría portátil en la población seleccionada, no hay riesgos asociados a la salud y al ser un estudio descriptivo que no interviene de ninguna manera con los factores de riesgo o los factores ambientales a los cuales se encuentra expuesta la población de estudio, no hay dilemas bioéticos. De igual manera se aplicarán consentimientos y asentimientos informados a las personas que deseen participar libremente en el estudio.

Riesgos: los participantes pueden presentar ligera sensación de cansancio posterior a la medición con el espirómetro, lo cual no representa ningún riesgo para la salud ni tampoco puede desencadenar una crisis o exacerbación en las personas con patologías de base.

Confidencialidad: los datos a ser obtenidos serán confidenciales en su totalidad y se reemplazará el nombre de los participantes con un código específico

12.3.5. Aspectos administrativos

12.3.5.1. Recursos materiales

Esta investigación es autofinanciada, todos los materiales y los equipos necesarios serán proporcionados y financiados por el autor de la investigación.

Tabla 4. Recursos materiales Autor: Bryan Rosero C.

Material	Cantidad	Costo**	Total
Espirómetro portátil	1	350	350*
Boquillas descartables	384	1	384
Software	1	0	0
Copias	500	0.02	10
Transporte	30	16	480
Gastos extra		200	200
Total			1424

*Ya adquirido **En dólares estadounidenses

13. Resultados

13.1. Resultados cuantitativos

Durante la investigación se realizaron 384 espirometrías portátiles acompañadas de una encuesta para evaluar el estado general de la persona. La muestra se dividió en 13 sectores y la cantidad de personas para cada sector se detalla en la Figura 19, acorde a los datos de Alto, mediano y bajo nivel de concentración de PM2.5 y PM10, y solamente a personas que cumplían con los criterios de inclusión. Posterior a la tabulación de las encuestas se obtuvo los siguientes resultados:

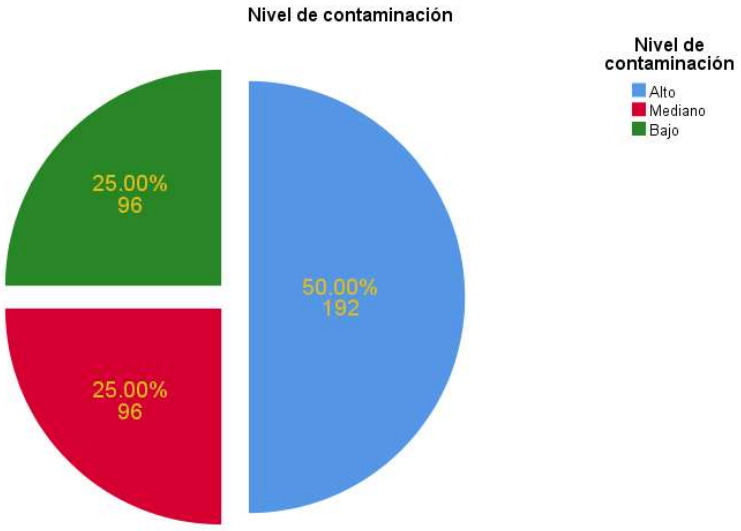


Figura 19. Distribución de la muestra dependiendo el nivel de contaminación. Fuente: Encuestas realizadas para la presente investigación. Autor: Bryan Rosero C.

La población se dividió en 192 personas con respecto a la zona de alto nivel de contaminación del aire, 96 para la zona de contaminación media y 96 para las personas que residen en las zonas de bajo nivel de contaminación del aire. De igual manera al ser 13 zonas en las que se realizaron las encuestas y las espirometrías, cada sector tenía un nivel otorgado de personas que se detalla en la Tabla 5.

		Frecuencia	%
Sector	Carapungo, Giovanny Calles, Marianitas	38	9.9
	Condado, Peaje Chillos, Peaje Guayasamín	38	9.9
	Mariana de Jesús, Mañosca	38	9.9
	Túneles, Ejido, Barrio América, Alameda	39	10.2
	Chimbacalle, Camal, México, Alpahuasi	39	10.2
	Guamaní	24	6.3
	Cotocollao	24	6.3
	Tumbaco	24	6.3
	Jipijapa	24	6.3
	San Rafael	24	6.3
	Conocoto	24	6.3
	Armenia	24	6.3
	Tingo y Guangopolo	24	6.3
	Total	384	100.0

Tabla 5.Distribución por frecuencia y porcentaje de los distintos sectores Fuente: Encuestas realizadas para la investigación. Autor: Bryan Rosero C.

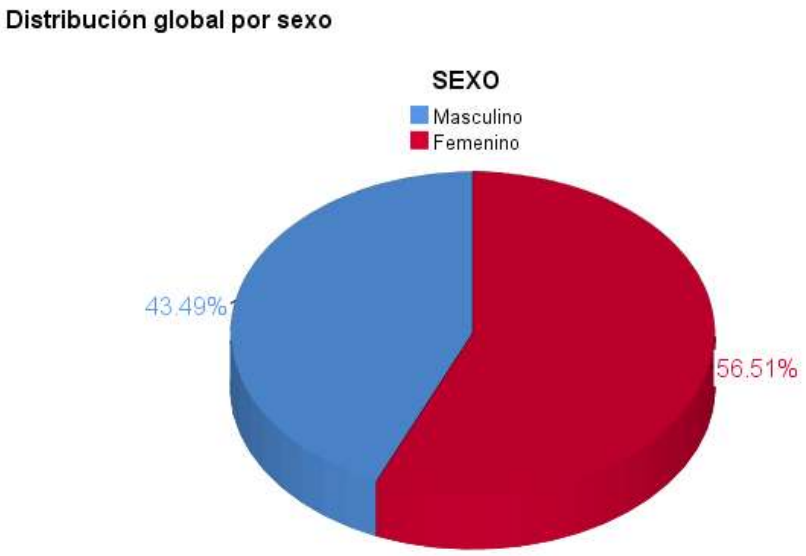


Figura 20. Distribución por sexo. Fuente: Encuestas realizadas para la investigación. Autor: Bryan Rosero C.

La muestra de 384 personas tuvo mayor porcentaje de representación femenina como se observa en la Figura 21. A pesar de esto se mantiene una relación de 1:0.76 con respecto al sexo masculino. Lo cual no se mantiene alejado de la realidad donde la relación es 1:1.

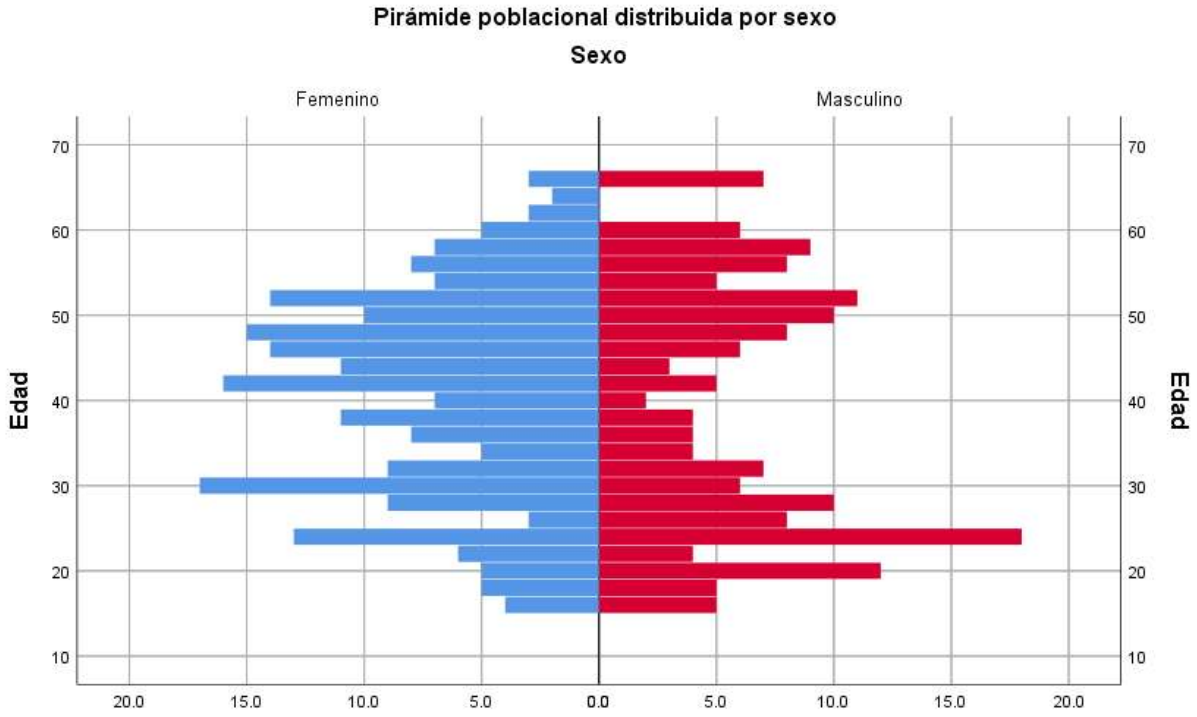
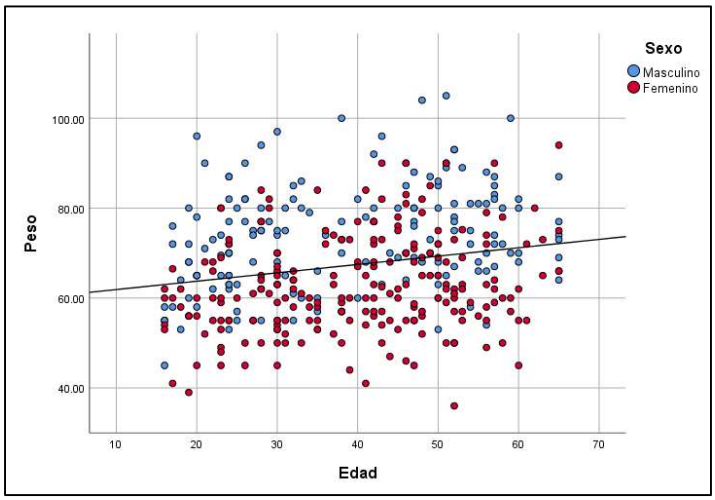


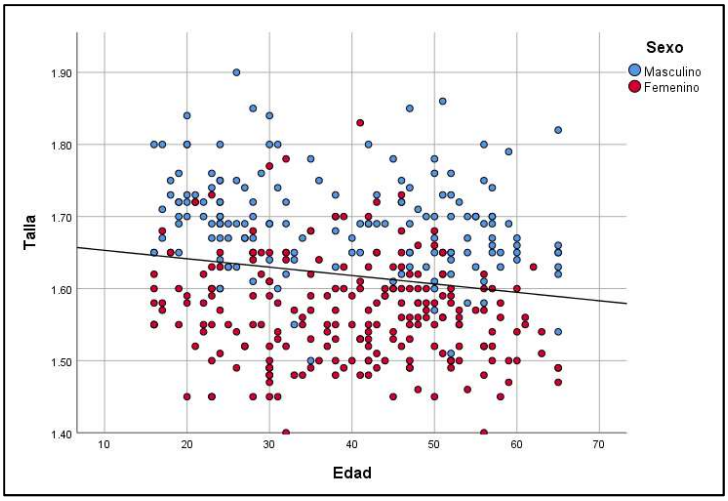
Figura 21. Pirámide poblacional distribuida por sexo. Fuente: Encuestas realizadas para la investigación. Autor: Bryan Rosero C.

La población que tomar en cuenta para las espirometrías y las encuestas a realizarse estaba comprendida entre 16 a 65 años. Obteniéndose así la pirámide poblacional de la Figura 21, y la misma siendo representada en su mayoría por personas entre 20-50 años, población a la que se denominará: Adultos Jóvenes. Efectivamente, la mayoría de la muestra se encuentra representada por el sexo femenino.

A)



B)



C)

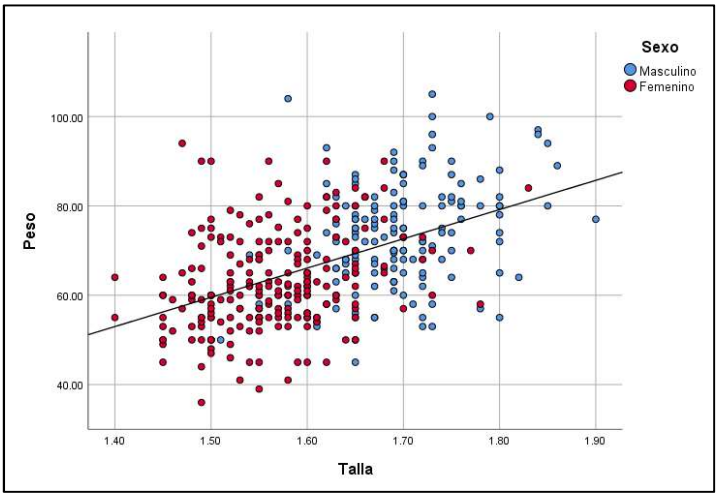


Figura 22. A) Gráfico de dispersión de Peso y Edad y distribuido por sexo; B) Gráfico de dispersión de Talla y Edad, distribuido por sexo; C) Gráfico de dispersión de Peso y Talla, distribuido por sexo. Fuente: Encuestas de la investigación. Autor: Bryan Rosero C

En la distribución con respecto a medidas antropométricas de la muestra se observa claramente que la mayoría de la población se encuentra dentro de la media, con casos aislados en respecto a talla y peso que sobrepasan la media, pero al ser casos aislados no dejan de mantener un patrón representado por la normalidad. El patrón de casos aislados en la población con respecto a medidas antropométricas que sobrepasan la media se repite en los demás acápites (A, B, C) de la Figura 22.

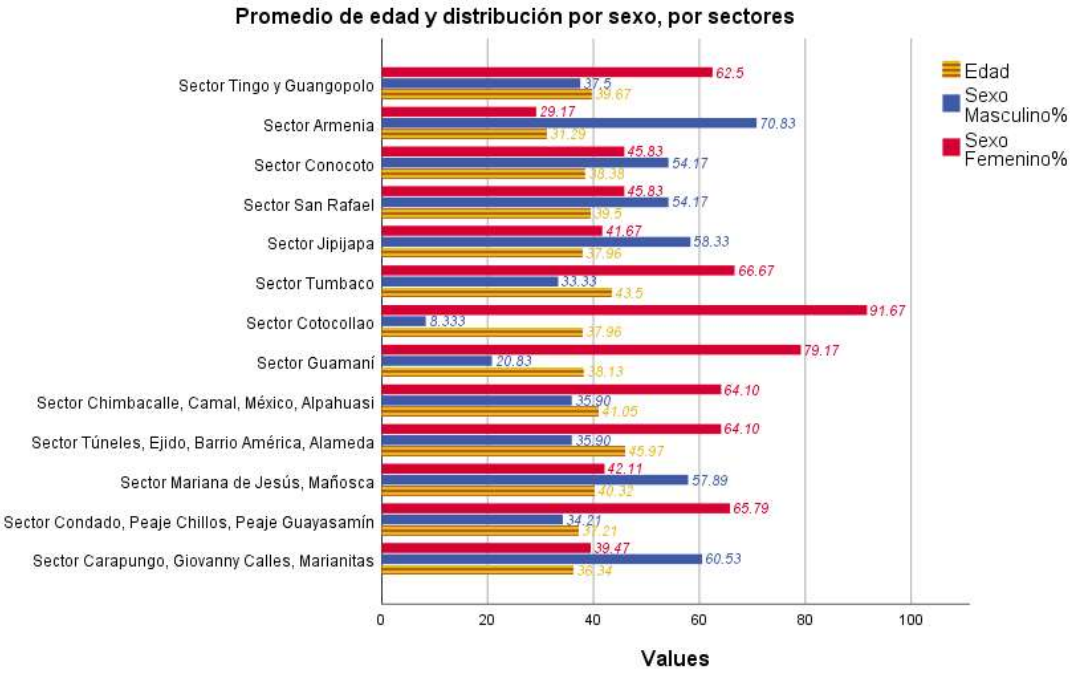


Figura 23. Promedio de edad y distribución por sexo, distribuido por sectores. Fuente: Encuestas realizadas para la investigación. Autor: Bryan Rosero C

Se observó en todos los sectores de la ciudad que la mayoría de la muestra era representada por el sexo femenino, lo cual se correlaciona con respecto al 56.51% de la muestra general. El promedio de edad más alto se encontró en las personas del sector que comprende: Túneles, Ejido, Barrio América, Alameda; a diferencia del sector de la Armenia en el cual las personas son más jóvenes relativamente, teniendo 31.29 años en promedio. A pesar de estas diferencias que representan aproximadamente 15 años, las personas se encuentran dentro de la población mencionada como adultos jóvenes, teniendo en promedio 39.26 +/- 13.26 años, tal y como se observa en la Figura 23. En Quito, las personas han residido en el mismo lugar en promedio de 18.47 años +/- 11.33 años en el mismo sector; las diferencias radican principalmente en que las personas que viven en el sector de Los Chillos viven en comparación, menos tiempo que las personas que residen en el norte, sur y centro de la ciudad de Quito, siendo San Rafael el lugar donde menos tiempo han residido las personas con un promedio de 11.5 años; en su contraparte Túneles, Ejido, Barrio América, Alameda, las personas han residido ahí en promedio 29.38 años.

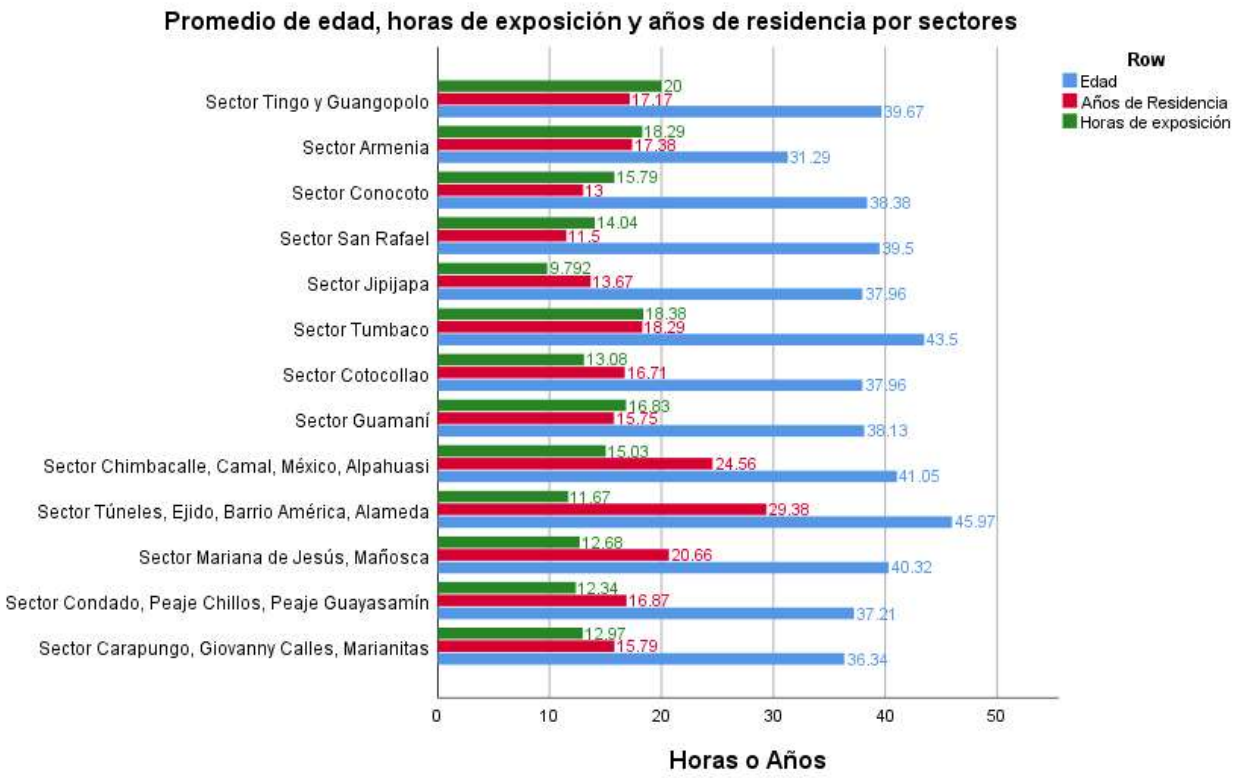


Figura 24. Promedio de edad, horas de exposición y años de residencia, distribuido por sectores. Las horas en promedio a las que se exponen las personas expuestas en verde se leen con la misma magnitud. Fuente: Encuestas para la investigación. Autor: Bryan Rosero C.

A)

B)

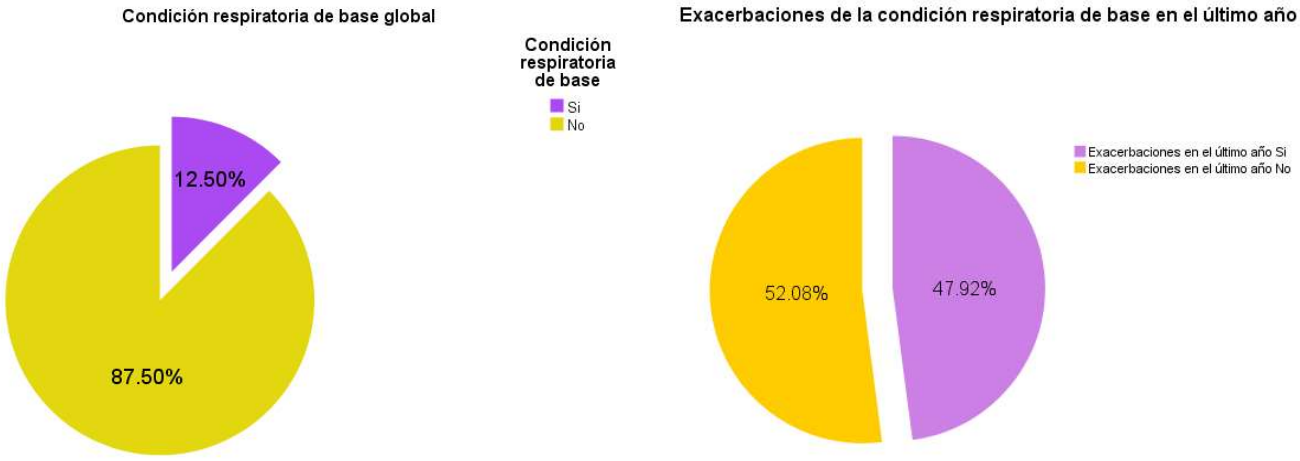


Figura 25. A) Condición respiratoria de base en la población. B) Exacerbaciones en el último año de la condición respiratoria en las personas que la poseen. Fuente: Encuestas realizadas para la investigación. Autor: Bryan Rosero C.

Al observar la Figura 25, se observa que la prevalencia de condiciones respiratorias de base, entiéndase como: Asma, Neumonía al nacimiento, Broncodisplasia pulmonar, Neumonitis, EPOC. Es del 12.50% en la población entrevistada. De esta población el 47.92% ha presentado alguna exacerbación de su enfermedad en el último año, siendo el sector de Mariana de Jesús y Mañosca en donde más exacerbaciones se han presentado, representando el 17.4%.

Distribucion por sexo de fumadores en cada sector y promedio de cigarrillos por semana

				Sexo		
				Masculino %	Femenino %	Cigarrillos x Semana
Sector	Carapungo, Giovanny Calles, Marianitas	Fuma	Si	34.8%	6.7%	28
			No	65.2%	93.3%	0
	Condado, Peaje Chillos, Peaje Guayasamín	Fuma	Si	23.1%	4.0%	5
			No	76.9%	96.0%	0
	Mariana de Jesús, Mañosca	Fuma	Si	22.7%	6.3%	20
			No	77.3%	93.8%	0
	Túneles, Ejido, Barrio América, Alameda	Fuma	Si	14.3%	16.0%	16
			No	85.7%	84.0%	0
	Chimbacalle, Camal, México, Alpahuasi	Fuma	Si	14.3%	4.0%	25
			No	85.7%	96.0%	0
	Guamaní	Fuma	Si	20.0%	0.0%	1
			No	80.0%	100.0%	0
	Cotocollao	Fuma	Si	0.0%	13.6%	2
			No	100.0%	86.4%	0
	Tumbaco	Fuma	Si	25.0%	37.5%	28
			No	75.0%	62.5%	0
	Jipijapa	Fuma	Si	57.1%	30.0%	14
			No	42.9%	70.0%	0
	San Rafael	Fuma	Si	30.8%	9.1%	11
			No	69.2%	90.9%	0
	Conocoto	Fuma	Si	38.5%	9.1%	16
			No	61.5%	90.9%	0
	Armenia	Fuma	Si	17.6%	0.0%	8
			No	82.4%	100.0%	0
	Tingo y Guangopolo	Fuma	Si	11.1%	0.0%	10
			No	88.9%	100.0%	0

Tabla 6. Distribución por sexo de fumadores en cada sector, se acompaña del promedio de cigarrillos que se fuman en promedio en ese sector por semana. Fuentes: Encuestas realizadas para la investigación. Autor: Bryan Rosero C.

17.2% de la población investigada poseía hábitos tabáquicos; de ellos la mayoría son hombres, llegando al 66.7% del total de fumadores. Distribuidos en su mayoría en los sectores de Carapungo, Giovanny Calles, Marianitas, Tumbaco, Jipijapa; por el contrario, siendo Guamaní el sector donde menos cigarrillos se consume.

		Sexo			
		Masculino		Femenino	
		Columna%	Fila %	Columna %	Fila %
Fuma	Si	26.3%	66.7%	10.1%	33.3%
	No	73.7%	38.7%	89.9%	61.3%

Tabla 7.Distribución de la población con hábitos tabáquicos con respecto al sexo. Fuente: Encuestas realizadas por el investigador. Autor: Bryan Rosero C.

Conforme se avanzaba con la encuesta se preguntaba a las personas que actitud tomaban con respecto a la contaminación cuando esta es evidentemente visible, por ejemplo: cuando un vehículo liviano o pesado emite humaredas de smog, o el aire se ve viciado. Llama la atención que el uso de la mano con 30.21% se sucede de nada o ninguna forma de protección ante la contaminación con 22.66% (Figura 26)

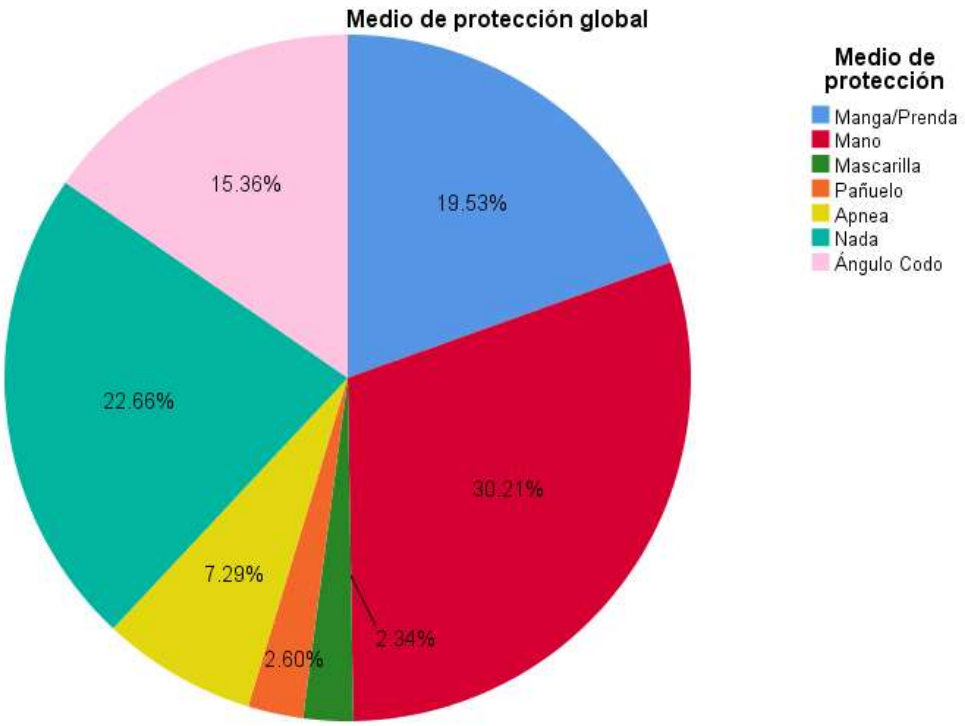


Figura 26. Medio de protección ante la contaminación visible en la población investigada. Fuente: Encuestas realizadas para la investigación. Autor: Bryan Rosero C.

A pesar de esto, los datos no eran similares conforme se va separando cada sector de la ciudad y cada lugar tiene su forma específica de cubrirse con respecto a la contaminación. En las Figura 27 y Figura 28 se observan las variaciones que poseen las personas por nivel de contaminación y por sector como forma de mitigar la contaminación visible. Se evidencia, además, que en los sectores donde el nivel de contaminación del aire es alto y mediano, las personas no se cubren con nada en su mayoría, a diferencia de los lugares donde la contaminación del aire es baja en donde "nada" ocupa el 5° lugar.

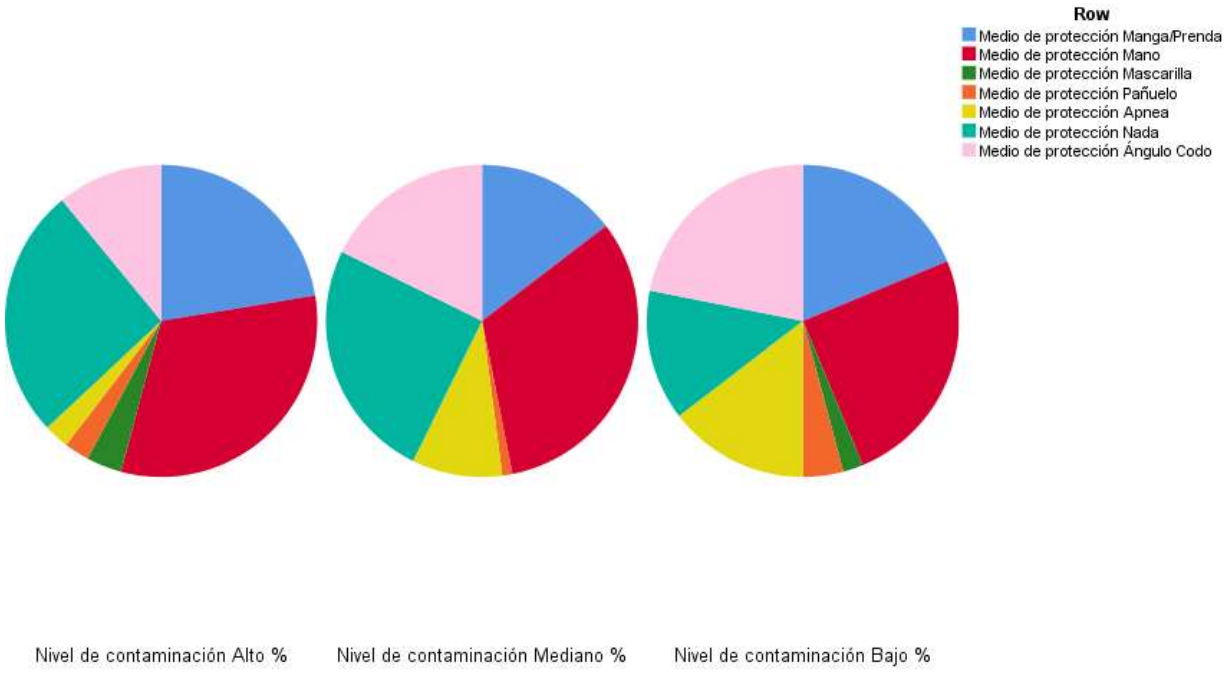


Figura 27. Medidas de protección por nivel de contaminación. Fuente: Encuestas realizadas para la investigación. Autor: Bryan Rosero C.

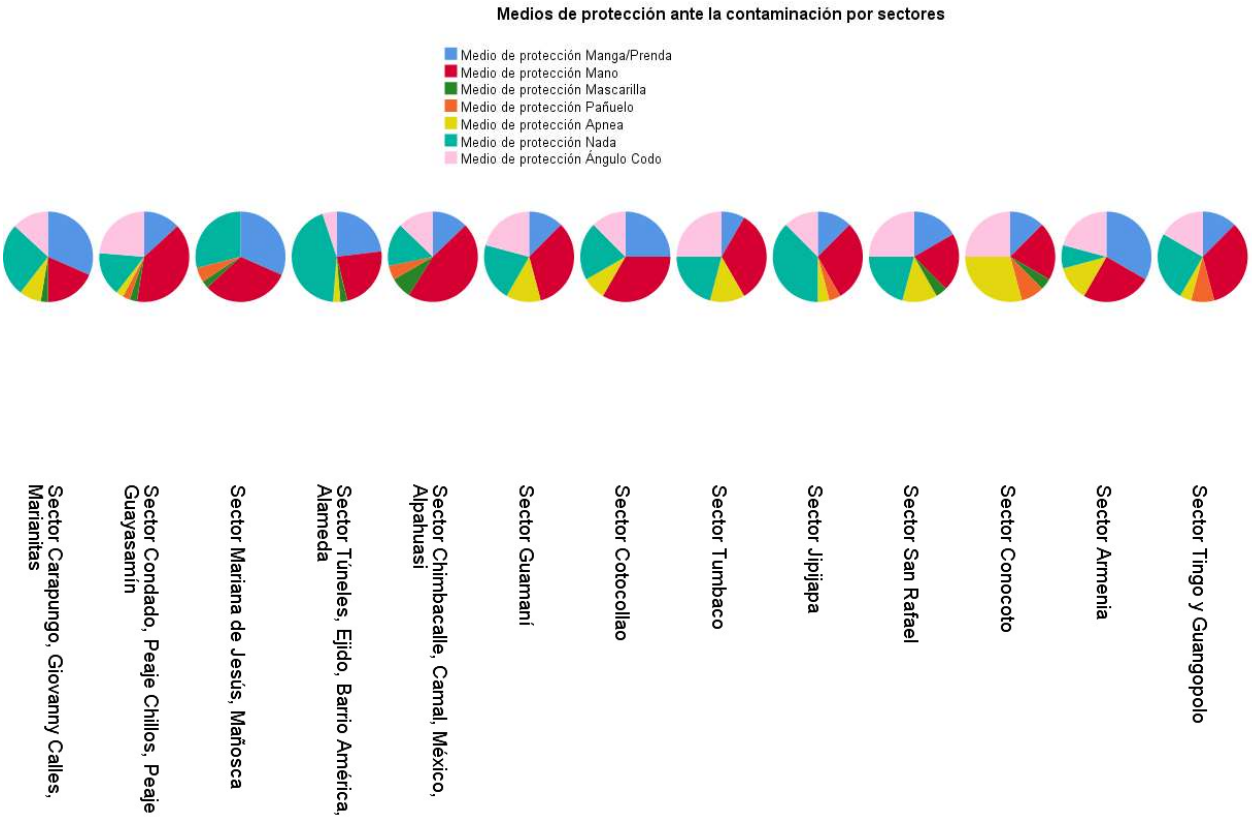


Figura 28.Medidas de protección por sector. Fuente: Encuestas realizadas para la investigación. Autor: Bryan Rosero C.

Se encontró, además, que en promedio las personas presentan algún problema respiratorio en promedio 3 veces por año. No hubo una diferencia entre hombres y mujeres, se observa en la Figura 29 que la relación es prácticamente 1:1.

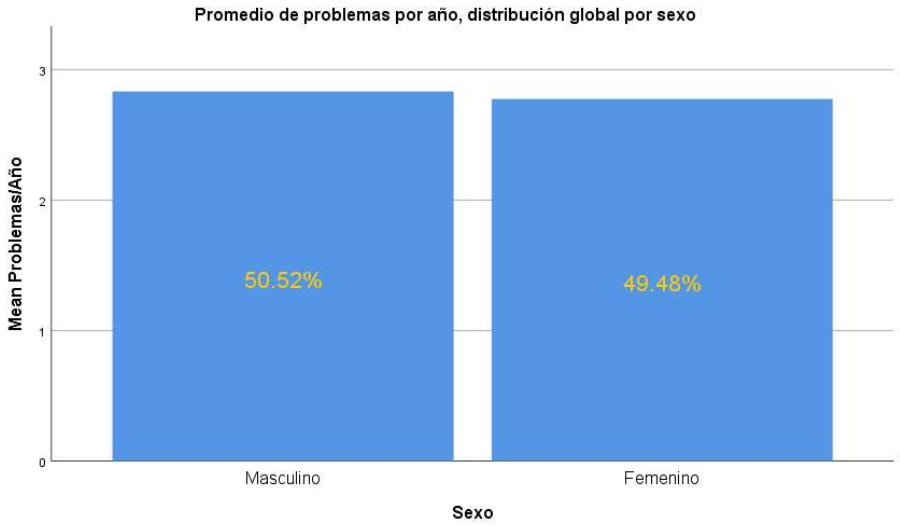


Figura 29. Distribución por sexo de promedio de problemas respiratorios al año. Fuente: Encuestas realizadas para la investigación. Autor: Bryan Rosero C.

A pesar de esto, dependiendo el sector donde residen las personas han presentado más o menos problemas respiratorios siendo: Conocoto en primer lugar con 4.63 veces al año y seguido por el sector de Condado, Peaje Chillos, Peaje Cumbayá con 4.11 veces al año, los lugares donde las personas presentan problemas respiratorios en mayor número con respecto a la población (Figura 30).

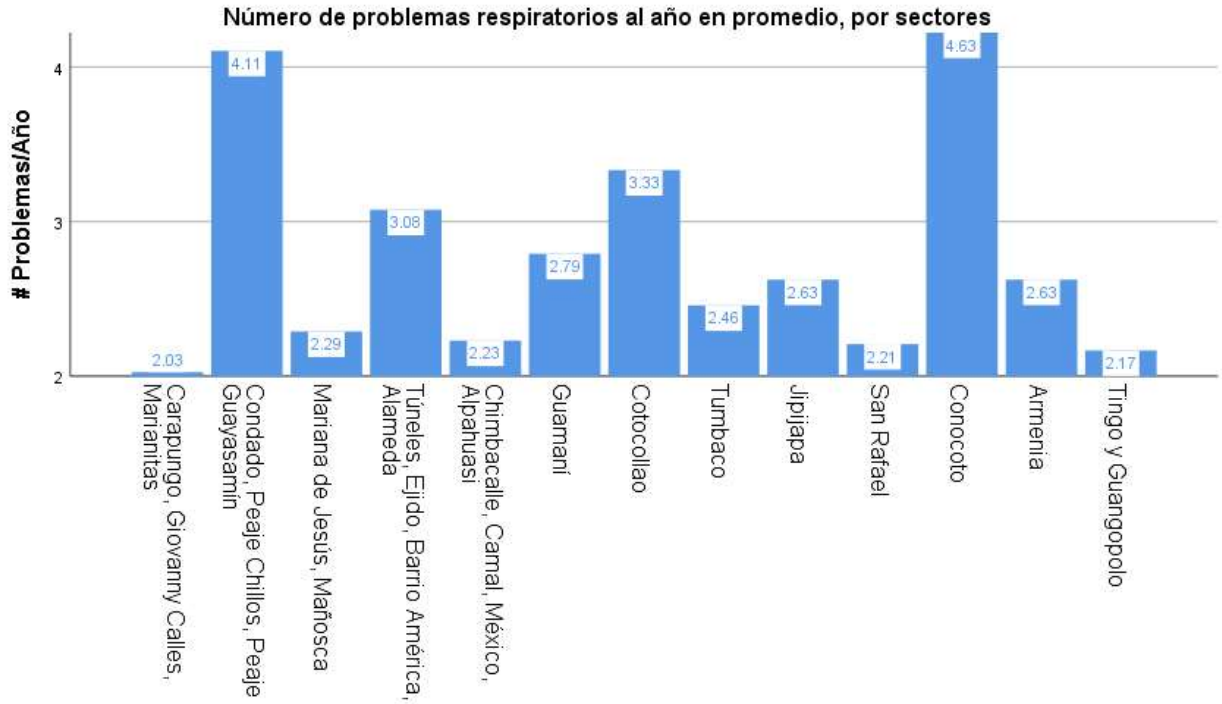


Figura 30. Número de problemas respiratorios al año en promedio, distribuido por sectores. Fuente: Encuestas para la investigación. Autor: Bryan Rosero C.

Posterior a las entrevistas realizadas y al llenado de las encuestas por parte del investigador, se procedió a realizar las espirometrías portátiles a cada persona. Se les explicaba como debían realizar el procedimiento: Inhalan profundamente, tapan sus fosas nasales, ingresan la boquilla del espirómetro a la boca, exhalan forzadamente a alta velocidad, esperan a que suena un pitido indicador por parte de la máquina, descansan. Se realizaron 587 espirometrías por diferentes razones: siendo la principal el mal entendimiento por parte de las personas con respecto a lo que se debía realizar en la prueba. Además de esto, la máquina ciertas veces registraba como una prueba cuando el viento soplaba fuertemente con lo que aumentaron el número de pruebas erróneas, al final se otorgó una prueba para cada participante que cumpla con los requisitos de toma de la misma y se obtuvieron los valores de la , representando así los valores obtenidos por parte de la máquina, además, los valores predeterminados para cada persona. Para el cálculo de los valores predeterminado se utilizó la calculadora de acceso libre otorgada por la "Global Lung Function Initiative", basados en el estudio del Dr. Quanjer, el cual fue aplicado en diversas regiones del planeta y así obtener datos equivalentes para distintas regiones del globo terráqueo (Quanjer et al., 2012). Destacar que no fue necesaria la corrección de los valores obtenidos con respecto a la altura de la ciudad de Quito. En diversas fuentes se estima que solamente se producen cambios en los valores espirométricos con valores superiores a 3000 metros sobre el nivel del mar.

	Carapungo, Giovanny Calles, Marianitas		Condado, Peaje Chillos, Peaje Guayasamín		Mariana de Jesús, Mañosca		Túneles, Ejido, Barrio América, Alameda		Chimbacalle, Camal, México, Alpahuasi	
	Media	Desviación estándar	Media	Desviación estándar	Media	Desviación estándar	Media	Desviación estándar	Media	Desviación estándar
FVC	3.22	0.94	2.96	0.68	2.97	0.86	2.73	0.69	2.77	0.85
FVCpred	3.75	0.69	3.29	0.52	3.74	0.77	3.26	0.71	3.46	0.79
FEV1	2.51	0.90	2.41	0.69	2.44	0.76	2.23	0.64	2.32	0.88
FEV1pred	3.15	0.60	2.77	0.42	3.12	0.69	2.70	0.61	2.88	0.65
PEF	4.27	2.43	4.32	1.98	3.95	1.95	4.15	1.74	4.08	2.08
FEF75	1.90	0.88	1.72	0.63	1.94	0.94	1.56	0.56	1.62	0.71
FEF75pred	1.41	0.49	1.23	0.30	1.34	0.59	1.05	0.47	1.21	0.48
FEF2575	3.03	1.48	2.98	1.16	2.81	1.34	2.83	1.02	2.84	1.40
FEF2575pred	3.37	0.72	3.05	0.44	3.26	0.88	2.79	0.71	3.03	0.71
	Guamaní		**Cotocollao**		**Tumbaco**		**Jipijapa**			
	Media	Desviación estándar	Media	Desviación estándar	Media	Desviación estándar	Media	Desviación estándar		
FVC	2.65	0.82	2.67	0.55	2.95	0.78	3.21	0.92		
FVCpred	3.27	0.60	3.08	0.40	3.65	0.72	3.84	0.83		
FEV1	2.38	0.84	2.33	0.45	2.37	0.82	2.49	0.81		
FEV1pred	2.75	0.52	2.60	0.32	3.00	0.59	3.20	0.70		
PEF	4.48	1.93	4.25	1.87	4.22	2.35	4.45	2.18		
FEF75	1.89	0.77	1.70	0.59	1.53	0.74	1.80	0.67		
FEF75pred	1.24	0.44	1.16	0.26	1.18	0.37	1.40	0.53		
FEF2575	3.12	1.17	2.91	0.77	2.82	1.33	3.07	1.33		
FEF2575pred	3.01	0.62	2.91	0.35	3.08	0.59	3.37	0.79		
	San Rafael		**Conocoto**		**Armenia**		**Tingo y Guangopolo**			
	Media	Desviación estándar	Media	Desviación estándar	Media	Desviación estándar	Media	Desviación estándar		
FVC	3.07	0.92	3.28	0.70	3.89	0.91	3.23	1.05		
FVCpred	3.67	0.70	3.74	0.65	4.23	0.71	3.57	0.87		
FEV1	2.69	0.89	2.76	0.65	3.22	0.81	2.48	1.01		
FEV1pred	3.06	0.63	3.12	0.57	3.57	0.61	2.98	0.73		
PEF	5.38	2.55	5.25	2.09	6.15	2.80	4.21	2.47		
FEF75	2.22	1.05	1.93	0.60	2.42	0.98	1.81	0.90		
FEF75pred	1.34	0.58	1.35	0.47	1.71	0.51	1.28	0.54		
FEF2575	3.64	1.72	3.46	1.14	3.98	1.46	3.01	1.59		
FEF2575pred	3.24	0.80	3.31	0.67	3.83	0.71	3.16	0.81		

Tabla 8. Promedio de valores espirométricos por sector, acompañado de su valor predeterminado para cada persona. Fuente: Espirometrías realizadas para la investigación. Autor: Bryan Rosero C.

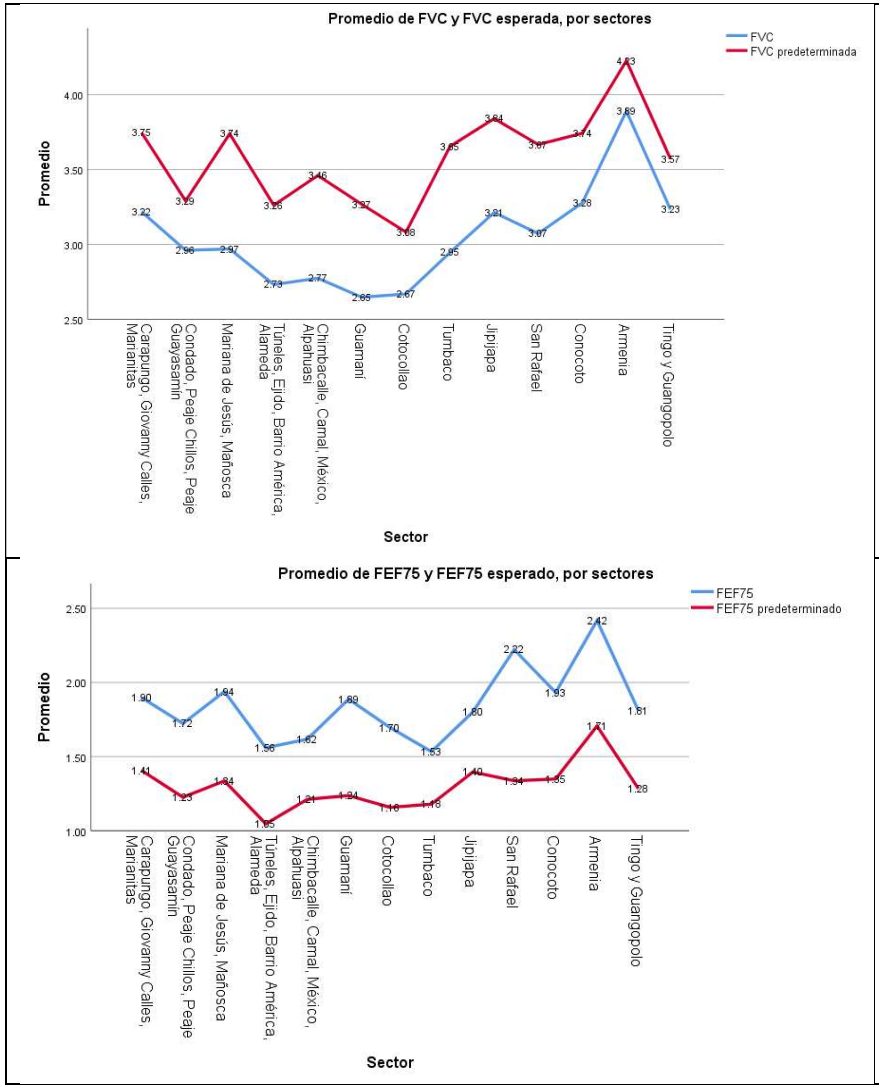
Se observan variaciones en todos los valores espirométricos con respecto a lo esperado para la población; de igual manera se observa en: Figura 31, Figura 32, que los valores poseen una diferencia constante con respecto al sector. Incrementan su valor conforme disminuye el nivel de PM2.5 y PM10 en el ambiente y se mantienen bajos con respecto al predeterminado independientemente del sector donde se realizó. La curva siempre presenta la misma tendencia en todos los diferentes valores espirométricos, a excepción de la relación FEV1/FVC, el cual se mantiene prácticamente a la par con respecto al valor predeterminado para la población independientemente el sector. Se observa claramente que el valor que más diferencia presenta con respecto al valor esperado es PEF, manteniendo una diferencia promedio de 4 litros constantemente, a pesar de los sectores. Como se mencionó previamente, los valores espirométricos, a excepción de la relación FEV1/FVC tienden a disminuir siempre, conforme se acercan a las zonas donde PM2.5 aumentan.

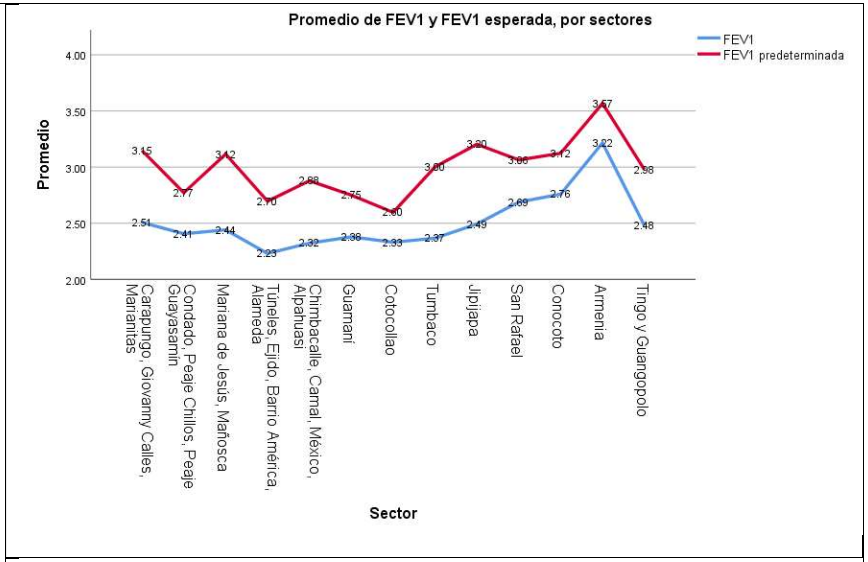
En los gráficos de la Figura 32 se observa claramente que con respecto a FVC% los valores que se acercan o están por debajo de la línea de la normalidad se encuentran en Guamaní, Tumbaco y San Rafael. A pesar de esto, los valores que se acercan a la línea de base son los promedios, se observa en realidad que la mayoría de los casos se encuentran por encima de la línea de normalidad equivalente al 80%. Se observa de igual manera que en las zonas de mayor contaminación por PM2.5 existen mayor cantidad de personas por debajo de los valores normales a diferencia de las zonas de menor contaminación, en donde, a pesar de sus medias encontrase cerca de la línea de base, la mayoría de la población se encuentra por encima del valor mínimo. Se observa el mismo patrón para FEV1%.

En el caso de FEF75 y FEF2575, las líneas de base se encuentran determinadas en -1.64 que es el equivalente al percentil 5% de los valores. Se observa que solo casos aislados se encuentran por debajo de estos valores en FEF75, pero en FEF2575 en la zona de Condado, Peaje Autopista Rumiñahui, Peaje Autopista Guayasamín se observa que la mayoría de la población se encuentra por debajo de la línea de base, siendo este, y los valores encontrados en Carapungo, Giovanny Calles, Marianitas, los únicos valores que se encuentran por debajo de la línea de base. En FEV1/FVC se observa que casi todos los valores se encuentran por encima de la línea de base que

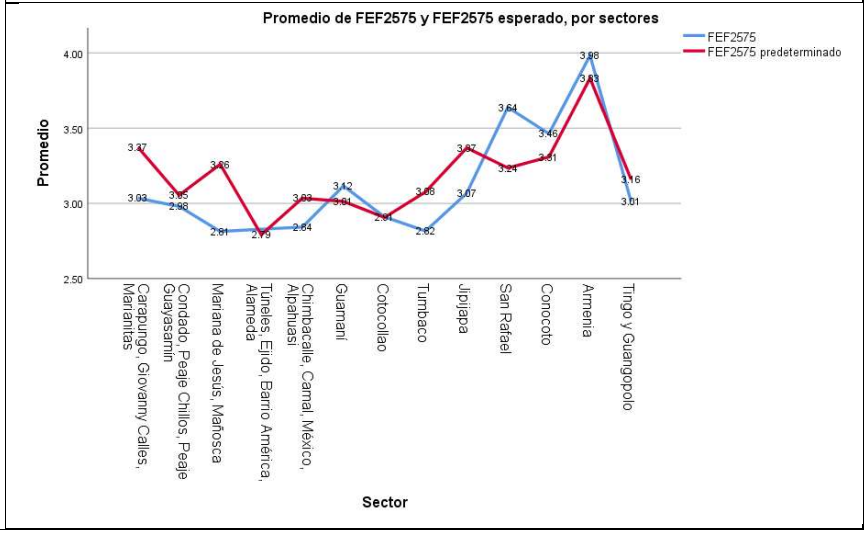
representa al 70%, establecido, así como el valor mínimo para que no se considere un patrón obstructivo, el único valor que se encuentra por debajo de la línea de base es en Jipijapa que coordina con las encuestas con respecto a una persona diagnosticada de EPOC.

Para PEF%, se observa que hay varios sectores que sus promedios se encuentran por debajo de la línea de base que se estableció en el 50% como indicador de patología asmática. A pesar de esto se observa que en la zona de menor contaminación la mayoría de los valores se encuentran por encima de la línea de base. Se dará mayor discusión con respecto a la toma de este valor en la discusión.


Promedio de FVC y FVC esperada, por sectores
FVC
FVC predeterminada
Promedio
Sector
Carapungo, Giovanny Calles, Marianitas
Condado, Peaje Chillos, Peaje Guayasamin
Mariana de Jesús, Mañosca
Túneles, Ejido, Barrio América, Alameda
Chimbacalle, Camal, México, Alpahuasi
Guamaní
Cotocollao
Tumbaco
Jipijapa
San Rafael
Conocoto
Armenia
Tingo y Guanggopolo


Promedio de FEV1 y FEV1 esperada, por sectores
FEV1
FEV1 predeterminada
Promedio
Sector
Carapungo, Giovanny Calles, Marianitas
Condado, Peaje Chillos, Peaje Guayasamin
Mariana de Jesús, Mañosca
Túneles, Ejido, Barrio América, Alameda
Chimbacalle, Camal, México, Alpahuasi
Guamaní
Cotocollao
Tumbaco
Jipijapa
San Rafael
Conocoto
Armenia
Tingo y Guanggopolo

Promedio de FEF75 y FEF75 esperado, por sectores
FEF75
FEF75 predeterminado
Promedio
Sector
Carapungo, Giovanny Calles, Marianitas
Condado, Peaje Chillos, Peaje Guayasamin
Mariana de Jesús, Mañosca
Túneles, Ejido, Barrio América, Alameda
Chimbacalle, Camal, México, Alpahuasi
Guamaní
Cotocollao
Tumbaco
Jipijapa
San Rafael
Conocoto
Armenia
Tingo y Guanggopolo


Promedio de FEF2575 y FEF2575 esperado, por sectores
FEF2575
FEF2575 predeterminado
Promedio
Sector
Carapungo, Giovanny Calles, Marianitas
Condado, Peaje Chillos, Peaje Guayasamin
Mariana de Jesús, Mañosca
Túneles, Ejido, Barrio América, Alameda
Chimbacalle, Camal, México, Alpahuasi
Guamaní
Cotocollao
Tumbaco
Jipijapa
San Rafael
Conocoto
Armenia
Tingo y Guanggopolo

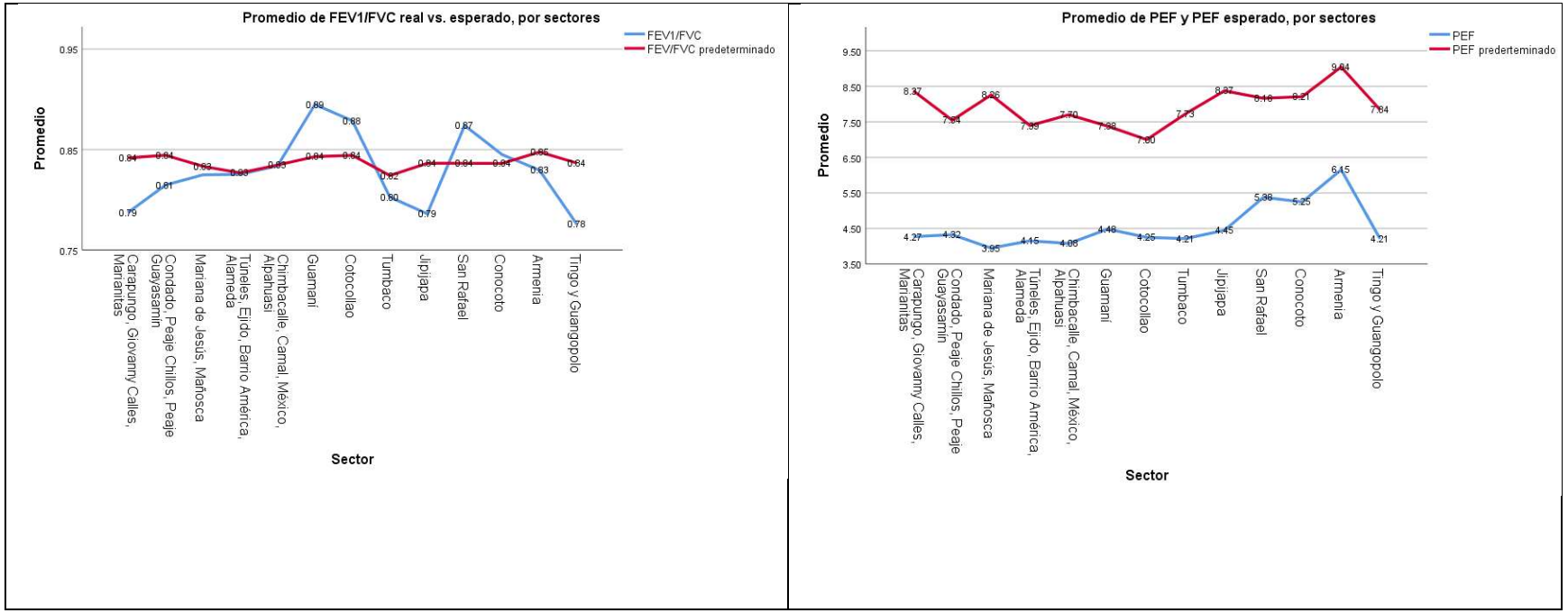
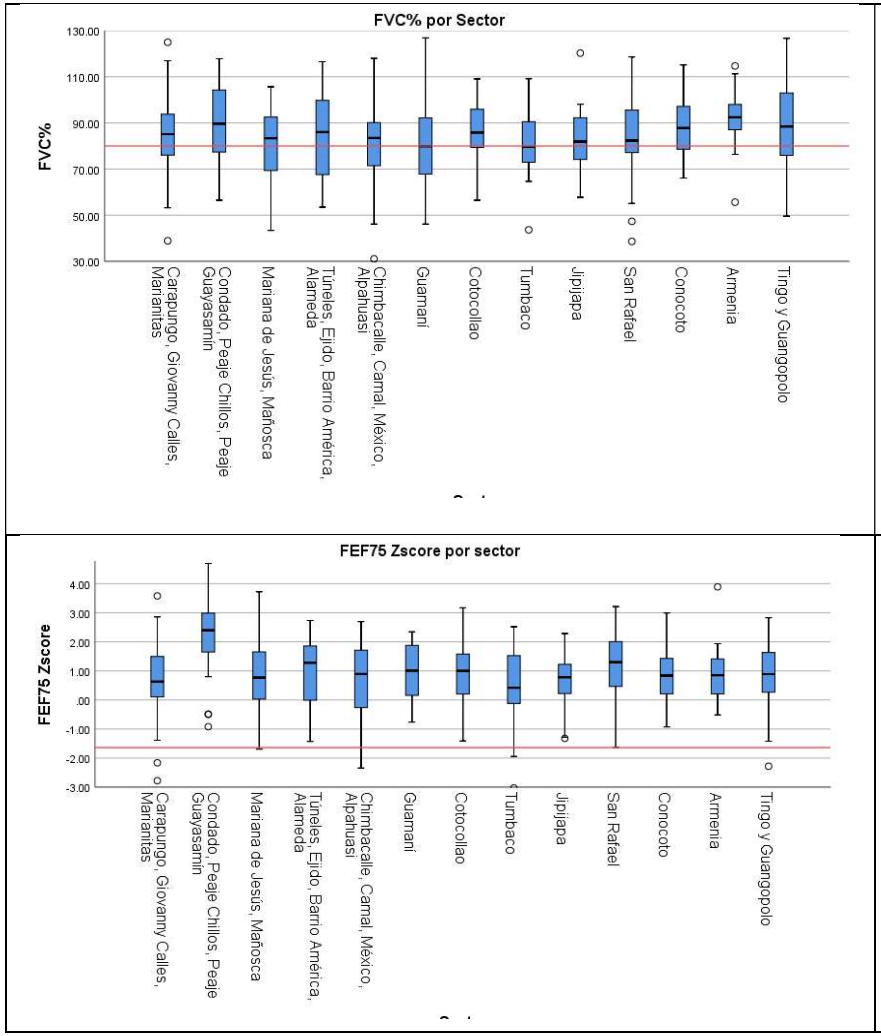
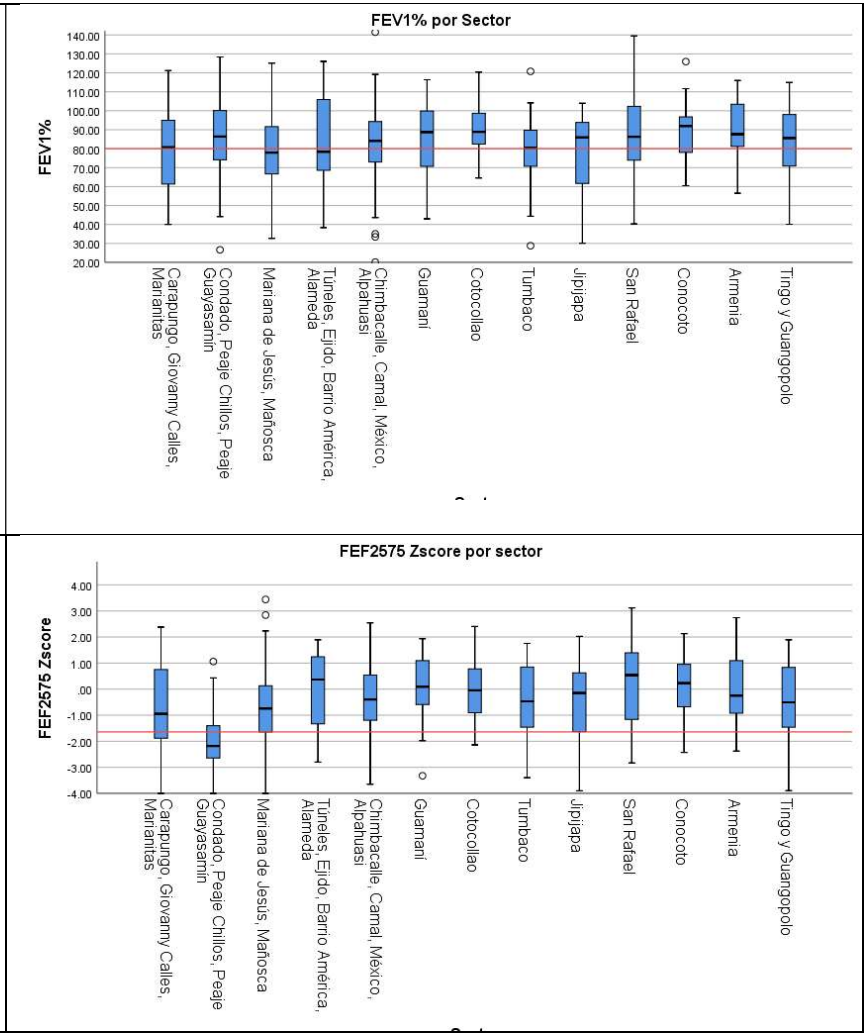


Figura 31. Promedio de valores espirométricos por sectores, con sus respectivos valores FVC y FEV1: Litros, FEV1/FVC en número sin unidad, FEF75 y FEF2575: Litros/Segundo. Fuente: Espirometrías realizadas para la investigación. Autor: Bryan Rosero C.


FVC% por Sector
FVC%
130.00
110.00
90.00
70.00
50.00
30.00
Carapungo, Giovanny Calles, Marianitas
Condado, Peaje Chillos, Peaje Guayasamin
Mariana de Jesús, Mañosca
Túneles, Ejido, Barrio América, Alameda
Chimbacalle, Camal, México, Alpahuasi
Guamani
Cotocollao
Tumbaco
Jipijapa
San Rafael
Conocoto
Armenia
Tingo y Guangopolo


FEV1% por Sector
FEV1%
140.00
130.00
120.00
110.00
100.00
90.00
80.00
70.00
60.00
50.00
40.00
30.00
20.00
Carapungo, Giovanny Calles, Marianitas
Condado, Peaje Chillos, Peaje Guayasamin
Mariana de Jesús, Mañosca
Túneles, Ejido, Barrio América, Alameda
Chimbacalle, Camal, México, Alpahuasi
Guamani
Cotocollao
Tumbaco
Jipijapa
San Rafael
Conocoto
Armenia
Tingo y Guangopolo

FEF75 Zscore por sector
FEF75 Zscore
4.00
3.00
2.00
1.00
.00
-1.00
-2.00
-3.00
Carapungo, Giovanny Calles, Marianitas
Condado, Peaje Chillos, Peaje Guayasamin
Mariana de Jesús, Mañosca
Túneles, Ejido, Barrio América, Alameda
Chimbacalle, Camal, México, Alpahuasi
Guamani
Cotocollao
Tumbaco
Jipijapa
San Rafael
Conocoto
Armenia
Tingo y Guangopolo

FEF2575 Zscore por sector
FEF2575 Zscore
4.00
3.00
2.00
1.00
.00
-1.00
-2.00
-3.00
-4.00
Carapungo, Giovanny Calles, Marianitas
Condado, Peaje Chillos, Peaje Guayasamin
Mariana de Jesús, Mañosca
Túneles, Ejido, Barrio América, Alameda
Chimbacalle, Camal, México, Alpahuasi
Guamani
Cotocollao
Tumbaco
Jipijapa
San Rafael
Conocoto
Armenia
Tingo y Guangopolo

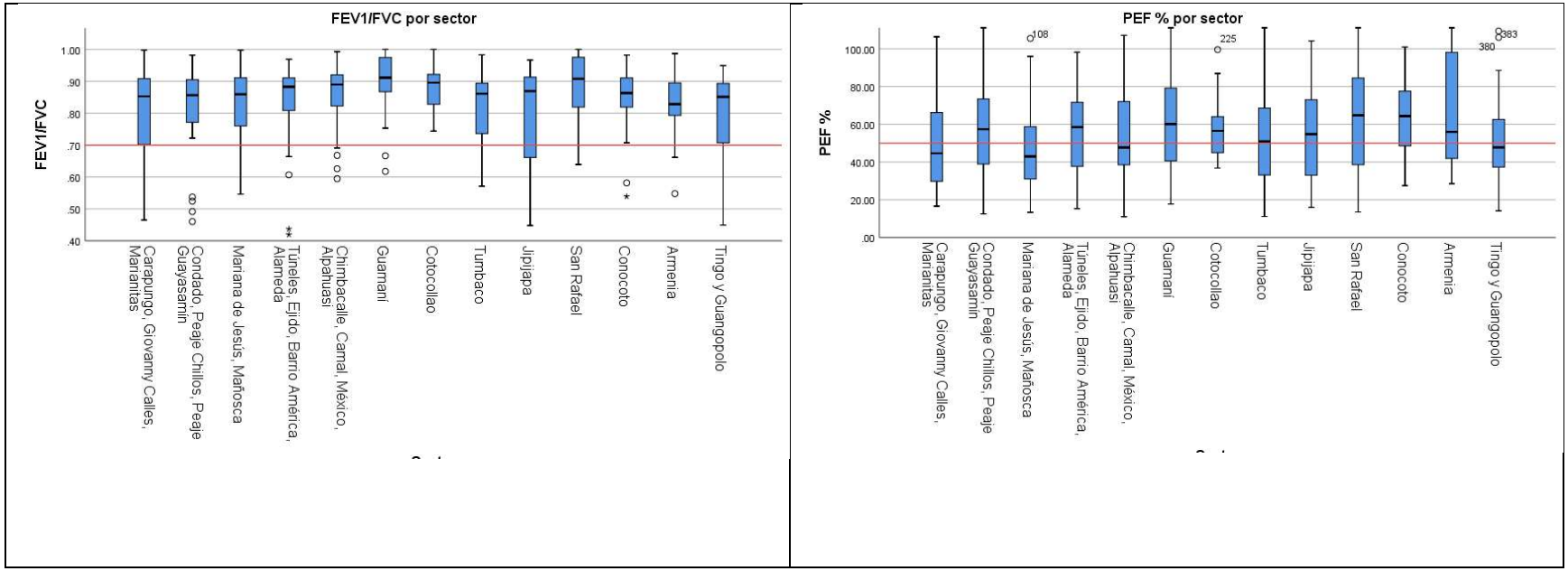


Figura 32. Valores espirométricos por sectores, expresados: FVC, FEV1, FEV1/FVC, PEF: en porcentaje, FEF75 y FEF2575 en Zscore. En todas las imágenes se establecen los puntos de corte con una línea roja. Fuente: Espirometrías realizadas para la investigación. Autor: Bryan Rosero C.

Correlaciones

			Sector	FVC	FEV1	PEF	FEF25	FEF75	FEF2575
Rho de Spearman	Sector	Coeficiente de correlación	1.000	.121*	.139**	.139**	.114*	.091	.128*
		Sig. (bilateral)	.	.017	.006	.006	.025	.075	.012
		N	384	384	384	384	384	384	384

**. La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).

*. La correlación es significativa en el nivel 0,05 (bilateral).

Tabla 9. Correlaciones y grados de significancia de Sectores vs. Valores espirométricos. Fuente: Encuestas realizadas para la investigación. Autor: Bryan Rosero C.

En la Tabla 9, se observa una correlación estadísticamente significativa entre los sectores y los valores espirométricos. En el caso de FEV1 y PEF la correlación es significativa con un 1% de error, y en el caso de FVC, FEF25 y FEF2575, la correlación es significativa con un 5% de error. A pesar de que los datos se correlacionan y son estadísticamente significativos, tienen una asociación muy baja (menor a 0.30).

13.2. Resultados cualitativos

Posteriormente a haber realizado las encuestas y las espirometrías, se quería evaluar el grado de conocimiento, preocupación y demanda social (con respecto a la contaminación del aire) que poseían las personas que residen en los distintos sectores de la ciudad, por lo que se realizaron entrevistas a 4 individuos por sector. Para seleccionar los individuos debían cumplir los criterios de inclusión y estar dispuestos a proporcionar información bajo el sistema de grabación y entrevista abierta semiestructurada. Al final de cada pregunta se incluirá un diagrama explicativo de las ideas principales obtenidas acorde a la percepción de salud-enfermedad. (Giddens & Sutton, 2014)

Los datos obtenidos posterior a las transcripciones de las entrevistas, a cada pregunta, fueron los siguientes:

Conocimientos acerca de la contaminación medio ambiental y específicamente del aire

Alto:

Las personas perciben contaminación en el ambiente de manera directa; cuando se les pregunta específicamente del aire, reaccionan mencionando que el aire ha cambiado con el tiempo y que diversas fuentes son las responsables de esto. Se le atribuye enfermedad, se le atribuye avance y se le atribuye aumento de población.

Yo pienso que si está bastante contaminado (el aire), no solo influye el hecho del polvo, sino el que nosotros como seres humanos contaminamos el ambiente con diferentes cosas: la basura, los vehículos, en las calles; con la evaporación después todo eso se eleva al ambiente. Existe mucha demanda de vehículos, en especial buses y la mayoría no tienen regularizado su sistema de escape.

Mujer, 51 años, Fisioterapista, reside en el sector Mañosca hace 18 años, trabaja en el sector.

Los individuos asocian directamente, además, la falta de preocupación con respecto al tema ambiental y el aumento gradual de la contaminación de este. Entienden que el costo del crecimiento poblacional y el desarrollo, influyen directamente en el daño ambiental.

Ha habido 50% de crecimiento poblacional por lo menos en esta última década. Eso involucra mucho. Más vehículos. Más recursos. Aquí nadie controla el medio ambiente que además requiere de un buen control por parte de la medicina. Si no hay árboles, si no hay agua fresca, mucho menos se puede controlar la contaminación.

Hombre, 57 años, empleado privado, instrucción superior, residente en Quito toda su vida.

Medio

Los individuos tienen conocimientos generales en términos de contaminación ambiental y refieren específicamente que la contaminación del aire es causa de la demanda energética que ha aumentado, al igual que el incremento demográfico y la demanda en el sector automotriz. Refieren además que la tala de árboles es una de las principales causas de la percepción de la contaminación en la población.

***Niño:** Esta relacionado directamente con el Smog y la contaminación del ambiente **Mujer:** Para mí se produce por la pérdida de árboles y la deforestación, además el exceso de vehículos evita que el aire se oxigene de manera normal, al igual que la presencia de fábricas. **Hombre**: Considero que depende mucho del mantenimiento de los vehículos y la calidad del combustible*

Hombre, 46 años, psicólogo industrial, residente en Chillogallo/Guamaní durante toda su vida; Mujer 45 años, médico familiar, residente en Chillogallo/Guamaní hace 10 años; Niño, 10 años, cursando educación básica

Bajo

Los participantes de las entrevistas coinciden en que la diferencia con respecto a la contaminación es el sector donde se encuentran. Realizan constante hincapié en decir que la contaminación del aire es distinta en diferentes sectores críticos de la ciudad. Realizan comparaciones acerca de la diferencia entre las sensaciones que poseen con respecto a la ciudad.

> *Tú desde las afueras ves la nube de contaminación y adicionalmente ves todos los buses públicos y escolares, ninguno de ellos creemos que respetan las normativas*
>
> *Hombre de 55 años residente en el sector Los Chillos hace 20 años, instrucción superior.*

Las personas además coinciden en que los responsables directos son los combustibles fósiles, independientemente de su fuente de combustión (vehículos livianos, buses, fábricas) y coinciden en que la gasolina es la responsable directa en la contaminación del aire.

> *Quito sobre todo está afectado por la contaminación y por la mala calidad de la gasolina, de eso doy fe porque trabajé en Petroecuador y sé cómo es la gasolina, sé que lo ideal es que no exista la super.*
>
> *Hombre 53 años, residente en el sector Los Chillos hace 10 años, se moviliza diariamente hacia el sector norte de la ciudad.*



Ilustración 1.Conocimiento de la contaminación. Autor: Bryan Rosero C.

Comportamiento de la contaminación medio ambiental y específicamente del aire, en nuestro país y p percepción de la que sería la ciudad más contaminada del Ecuador

Alto

Las personas determinan en este nivel de contaminación que ha habido variaciones temporales con respecto a la contaminación del aire, coinciden de igual manera que Quito sería la ciudad más contaminada, además, proponen ideas acerca de los responsables directos del incremento perceptible de los niveles de contaminación en el tiempo.

> -***Hombre 2:*** *La contaminación ahora es mucho más crítica, definitivamente es una ciudad mucho más contaminada. Todo por el incremento de vehículos.*
>
> -***Hombre 1:*** *El pico y placa aumentó 50% el patio vehicular y por detrás de esto el crecimiento poblacional que exige este cambio. Aquí (en la ciudad) todos los vehículos son responsables del aire, porque esto no es zona industrial. En teoría las fabricas se encuentran fuera de la ciudad. No hay nadie más a quien culpar.*
>
> *Hombre 1, 54 años, ex migrante. Residió en Alemania durante 15 años y regresó al país hace 11 años, actualmente se dedica al negocio de reciclaje de PET. Hombre 2, 57 años, empleado privado, instrucción superior, residente en Quito toda su vida.*

Medio

Los individuos manifiestan que Quito, no solamente sería una de las más contaminadas del país, sino que de toda Latinoamérica. Su preocupación se fundamente en la densidad poblacional que se ha ido experimentando en los últimos años, además de la geografía y las condiciones climáticas que presenta la ciudad propia de su ubicación.

> **Hombre:** Quito, definitivamente es la más contaminada, por su densidad demográfica y su exceso en el patio vehicular, además que por su geografía Quito es similar a un valle, al estar rodeado de muchas montañas no permite que el aire circule correctamente.
>
> *Hombre, 46 años, psicólogo industrial, residente en Chillogallo/Guamaní durante toda su vida*

Bajo

Las personas reflejan con conocimientos básicos acerca del clima y las variaciones que ha presentado temporo-espacialmente que la contaminación, aumenta o disminuye, con respecto a diferentes climas. Las personas coinciden unánimemente en que Quito es la ciudad más contaminada del país.

Yo pienso que la ciudad más contaminada del país debe ser una ciudad de la sierra, ¡sí! una ciudad de la sierra debe ser, no me extrañaría que sea Quito; por el tamaño, porque está encerrada. Por lo menos, desde El Inca cuando llego en la mañana al colegio veo una nube amarilla, esa nube es contaminación

Hombre 53 años, residente en el sector Los Chillos hace 10 años, se moviliza diariamente hacia el sector norte de la ciudad

*-**Hombre:** ¡Quito! está en niveles altos (de contaminación), pero entre las grandes ciudades, yo diría que Quito también. **-Mujer:** Para mí que es Quito, por lo menos de lo que conocemos, ¡está terrible!*

Mujer, 56 años, gerente contable en una compañía textil al norte de la ciudad. Hombre, 55 años, Contratista independiente, residen en Los Chillos hace aproximadamente 20 años, ambos tienen instrucción superior.

Existe además una tendencia entre las personas que residen en este nivel de contaminación de percibir de mejor manera las diferencias en el ambiente, poseen una línea de base en la cual referirse para determinar qué momento del día, o que sector es el más contaminado en su trayecto hacia la ciudad.



Ilustración 2. Comportamiento de la contaminación y ciudad más contaminada. Autor: Bryan Rosero C.

Relación entre la contaminación del aire y el clima de la ciudad e influencia de ambos factores bilateralmente

Independientemente del sector donde residen las personas, todos perciben un cambio a nivel climático que se ha ido alterando con el pasar del tiempo. Perciben una mayor intensidad en las variaciones de climas y no logran encontrar patrones para con respecto a sus actitudes para adaptarse. Se percibe un

déficit en la adaptabilidad de las personas hacia las variaciones del clima y su descontento continuo con respecto a los valores que han superado sus conocimientos: calor extremo, frío extremo, lluvias o sequías, son fuentes de descontento por parte de la población en general. No se asocia directamente al aire y ninguno habla acerca del efecto invernadero.

> *Yo me imagino que si tiene que ver el clima. Si hace mucho calor hay evaporación, las partículas suben y cuando hay mucho viento también hay más partículas en el aire. La contaminación afecta totalmente a la salud y las personas.*
>
> *Mujer, 51 años, Fisioterapista, reside en el sector Mañosca hace 18 años, trabaja en el sector.*
>
> *Cuando era invierno, era invierno; y cuando era verano, era verano. El sol no era tan intenso como es ahora ¡uno no puede salir con ropa negra! Puedes tener varios climas en el mismo día, ahora es más el cambio extremo del clima. Antes se sabía que época era de lluvia. Ahora puedes tener hasta 3 veces una diferencia de clima en el mismo día: Llueve, sol, llueve.*
>
> *Mujer, 51 años, ama de casa, reside en San Rafael hace 10 años y circula por el sector diariamente.*

A pesar de esto la relación que se le da a la contaminación del aire es casi nula con respecto al cambio climático, las personas poseen conocimiento acerca de cómo ha cambiado el clima en la orientación temporal, mas no asocian con ningún factor directamente o encuentran un responsable de este fenómeno.



Ilustración 3.Contaminación del aire y clima. Autor: Bryan Rosero C.

Prácticas que se realizan en contra o a favor del ambiente

Alto

Los entrevistados poseen conocimiento acerca de plantas a favor del ambiente, a pesar de esto se entiende que no es algo común y tampoco es compartido con su medio social, las practicas que realizan no son las suficientes en autopercepción para realizar cambios a niveles macro, refieren además que existen trabas para que estas prácticas se realicen a mayor nivel y desconocimiento acerca de cómo mejorar la calidad del aire por parte individual.

> *Claro que se ahorra energía, se siembra plantas, pero en otro nivel no se ayuda mucho. Tampoco compramos carros ecológicos lo cual sería una buena opción. Tener vehículos eléctricos mejoraría mucho las condiciones.*
>
> *Hombre, 57 años, empleado privado, instrucción superior, residente en Quito toda su vida.*

Una diferencia marcada corresponde a la edad de la persona. En este caso una persona joven denota que hay soluciones con respecto a movilidad que podrían mejorar la calidad del aire, además de solucionar el problema de tráfico de la ciudad.

> *Seguramente la contaminación seguirá aumentando si no tomamos medidas para reducirla, el parque automotor va creciendo y cada vez puedes ver a más personas que utilizan el carro individualmente. "Car pool" sería una manera de reducirlo; a pesar de esto algo que ha disminuido en la ciudad han sido los incendios forestales con respecto a otros años.*
>
> *Hombre, 25 años, médico reside hace 18 años en el sector Mañosca, trabaja en el sector centro norte de la ciudad.*

Medio

Los individuos poseen conocimientos básicos en el ámbito del reciclaje como práctica a favor del ambiente, a pesar de esto desconocen directamente prácticas relacionadas para la mejora de la calidad del aire. Refieren cambios en las tradiciones para mejorar la calidad de vida del resto, pero es temporal y además aislada.

> **Niña y Niño:** Nosotros reciclamos botellas, cajas de cartón y sembramos plantas. **Mujer:** Casi nunca realizamos algo por el medio ambiente, aunque una buena forma de contribución es realizando a tiempo la revisión del carro y su mantenimiento de forma adecuada. Intentamos además en "Año Viejo" es no quemar años viejos de gran tamaño. **Hombre:** Disminuyendo el consumo de energía eléctrica, para poder disminuir el consumo del agua y de esta forma cuidar lo que son los ríos y demás fuentes.

Hombre, 46 años, psicólogo industrial, residente en Chillogallo/Guamaní durante toda su vida; Mujer 45 años, médico familiar, residente en Chillogallo/Guamaní hace 10 años; Niño, 10 años, cursando educación básica; Niña, 9 años, cursando educación básica.

Bajo

Los entrevistados poseen amplios conocimientos acerca de las prácticas que se pueden realizar a favor del ambiente, desconocen prácticas para mitigar la contaminación del aire, pero asocian directamente el uso de aerosoles como fuente contaminante para la atmósfera.

Aquí en casa por ejemplo no usamos aerosoles, excepto el insecticida y sólo cuando hay hormiguitas.

Mujer, 51 años, ama de casa, reside en San Rafael hace 10 años y circula por el sector diariamente

Las personas asocian directamente, además, que el estar rodeados de naturaleza es un efecto benéfico para mayor preocupación por el ambiente.



Ilustración 4.Prácticas a favor o en contra del ambiente. Autor: Bryan Rosero C.

Relación entre salud y contaminación ambiental, específicamente contaminación del aire

Independientemente del nivel de contaminación, los entrevistados asocian directamente el cambio en niveles de contaminación o cambios ambientales con enfermedades. El conocimiento que poseen acerca de las enfermedades causadas por factores externos es amplio, a pesar de esto desconocen cuando se menciona PM2.5 y PM10, su origen, fuentes, valores y efectos en la salud.

El aire (contaminado) tiene relación con enfermedades de la piel, los ojos, el estrés. Te mata de iras ver que un carro de estos circule por la ciudad, mientras que el tuyo si cumple la normativa.

Mujer, 56 años, gerente contable en una compañía textil al norte de la ciudad, reside en San Rafael hace 20 años.

Creo que es el peor punto e incluso huele fuerte. No sé si has estado en México, ahí había en momentos en ciertas partes de la ciudad donde nos picaba todo, había lugares en que olías a gas (GLP), eso otro tipo de contaminación e inclusive el cielo es gris.

Hombre, Profesor de secundaria de literatura, 52, reside en San Rafael hace 10 años, trabaja en el sector norte de la ciudad.

La contaminación afecta totalmente a la salud y las personas.

Mujer, 51 años, Fisioterapista, reside en el sector Mañosca hace 18 años, trabaja en el sector.

El asma por ejemplo y los problemas de piel, aunque la mayoría son problemas por el sol, se ven influenciados directamente por el aire de la ciudad. Todo influye. Si no se toma medidas se va a ir complicando mucho más y peor si no se toman medidas a tiempo.

Hombre, 54 años, ex migrante. Residió en Alemania durante 15 años y regresó al país hace 11 años, actualmente se dedica al negocio de reciclaje de PET

Las partículas de la contaminación se evaporan y caen al suelo ¡Se quedan en el suelo! ¡Todas las partículas se quedan en el suelo! Porque si es que se quedan flotando ¡Es de asustarse! y más que seguro que esto también tiene que ver con problemas cancerígenos.

Hombre, empleado privado, 50 años, reside en el sector Mañosca hace 18 años.

A parte de la asociación que se le da a la contaminación ambiental y del aire con respecto a la salud de las personas, se hace hincapié en la preocupación que este ejerce en la población. Una constante preocupación, además de estrés y molestia, se percibe cuando se asocia contaminación del aire y enfermedad.

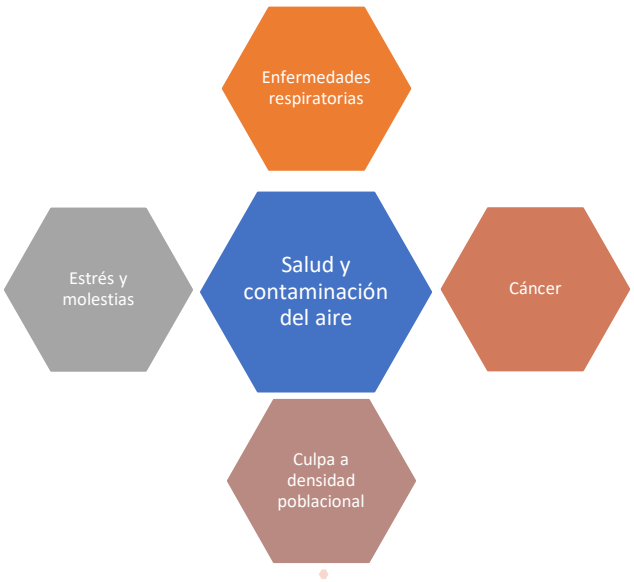


Ilustración 5.Salud y contaminación del aire. Autor: Bryan Rosero C.

Variación temporal de la contaminación del aire, con respecto a épocas pasadas

Los entrevistados asocian directamente un aumento en la población, al igual que un aumento en el patio vehicular con respecto a la contaminación del aire. Las ideas principales son: Crecimiento poblacional, Crecimiento patio automotriz, Crecimiento Industrial, todos estos relacionados con la contaminación del aire. Para las personas mayores el cambio es más notorio y hacen referencia a su infancia para lograr realizar una comparación de cómo las cosas han cambiado con el pasar del tiempo.

> *-**Mujer:** Esto está peor. hay más smog, no con respecto a cuando éramos niños, sino que hace unos 3-4 años la cantidad de smog era menor, ha aumentado la cantidad de buses y el tamaño de estos. Hay más población parece, no sé en realidad que es lo que pasa, ¡pero sientes!, ahora te das cuenta todo el tiempo. Ahora todo mi trayecto de ida y todo mi trayecto de venida es contaminación. -**Hombre:** La cantidad de carros que hay ahora es evidentemente mayor que a lo que era antes. Además, dicen que el sector industrial debería estar fuera de la ciudad, pero la mayoría están adentro y esto aporta a la contaminación del aire, los talleres automotrices están uno en cada esquina.*
>
> *Mujer, 56 años, gerente contable en una compañía textil al norte de la ciudad. Hombre, 55 años, Contratista independiente, residen en Los Chillos hace aproximadamente 20 años, ambos tienen instrucción superior.*

> *La contaminación ahora es mucho más crítica, definitivamente es una ciudad mucho más contaminada. Todo por el incremento de vehículos.*

Hombre, 57 años, empleado privado, instrucción superior, residente en Quito toda su vida.

El hecho del crecimiento de la población involucra disminuir los bosques lo cual daña el ambiente.

Hombre, 54 años, ex migrante. Residió en Alemania durante 15 años y regresó al país hace 11 años, actualmente se dedica al negocio de reciclaje de PET

Algo a lo que las personas no se refieren en específico en las zonas de alta contaminación es al aire, la normalización de la contaminación ambiental hace que no tengan punto de comparación, a diferencia de las personas que viven en zonas rodeadas de más áreas verdes que estiman que el cambio es totalmente notorio.



Ilustración 6.Variación con respecto al pasado. Autor: Bryan Rosero C.

Proyección y percepción personal de la contaminación del aire a 20 años

De igual manera la población entrevistada corresponde a una idea central en general: si no existe cambio no se obtendrá ninguna respuesta benéfica para la población. Otra idea central: si no existe mayor control con respecto al ambiente y el crecimiento demográfico y todo lo que conllevo eso, no habrá beneficio a largo plazo. La mayoría de las personas poseen pensamientos desalentadores con respecto a la contaminación y al momento de las entrevistas se podía apreciar un cambio en la expresión de la mayoría de las personas. Se entiende que es un tema que genera mucha preocupación entre las personas, no solo de manera social, sino de manera emocional.

Seguramente la contaminación seguirá aumentando si no tomamos medidas para reducirla, el parque automotor va creciendo y cada vez puedes ver a más personas que utilizan el carro individualmente

Hombre, 25 años, médico reside hace 18 años en el sector Mañosca, trabaja en el sector centro norte de la ciudad

Nosotros creemos que va a empeorar, porque no vemos que las autoridades están captando esto. Capaz ellos viven en un lugar mejor que no es la ciudad, porque parece que no se dan cuenta de eso.

Mujer, 56 años, gerente contable en una compañía textil al norte de la ciudad, reside en San Rafael hace 20 años.

La búsqueda de dispositivos que regulen estas emisiones con respecto a los autos e implementar la tecnología para que esto sea aplicado

Hombre, 57 años, empleado privado, instrucción superior, residente en Quito toda su vida.

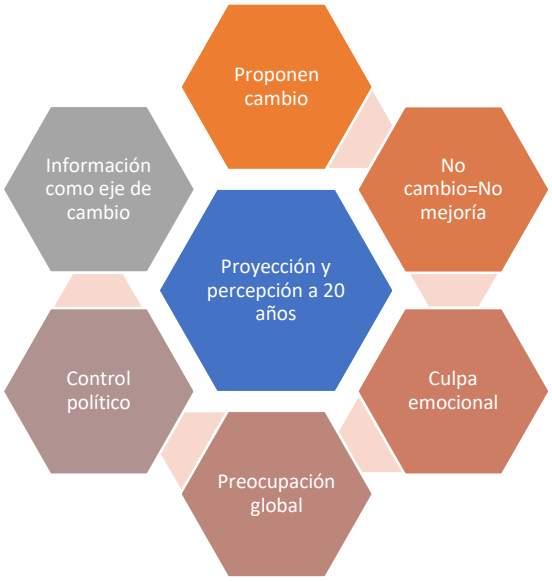


Ilustración 7.Proyección y percepción a 20 años. Autor: Bryan Rosero C.

Propuestas para la mejora de la calidad del aire

Alto

En este sector, las personas proponen cambios a nivel de ordenanza municipal; regulaciones que impidan que el ambiente se destruya y se estandarice más la forma en cómo se debe manejar el crecimiento demográfico.

Las normativas del municipio tienen mucho que ver en cuanto a la regulación de las construcciones y las mediaciones que las rodean. Ciertas personas construyen casas y tiran los arboles cuando esto debería ser regulado por el municipio para así mantener cierto número de árboles por áreas. Debería haber multas para evitar estos problemas.

Hombre 1, 54 años, ex migrante. Residió en Alemania durante 15 años y regresó al país hace 11 años, actualmente se dedica al negocio de reciclaje de PET

Proponen además educación continua para las nuevas generaciones y adoptar costumbres extranjeras como forma de mitigación de la emisión de gases por parte del patio automotor. Las personas usan ejemplos de cambio que se ha generado por mejorar la cantidad de información y calidad de la misma que se les otorga a nuevas generaciones con respecto a cambios sociales importantes.

Tenemos que seguir las buenas ideas y las buenas costumbres de los holandeses ¡ahí utilizan bicicleta que da una maravilla! Otra idea, la principal, es educación a las personas desde que ya tienen uso de razón. Esta es la única manera de evitar todos estos problemas. Una concientización desde pequeñitos; porque los niños perciben eso y si se logra hacerles entrar en conciencia a los niños de eso, el mundo va a mejorar

Hombre, empleado privado, 50 años, reside en el sector Mañosca hace 18 años.

Medio

Los individuos indican con conocimiento amplio, ideas y propuestas para la mejora con respecto a la contaminación del aire con pensamientos en áreas distintas, el hombre se expresa directamente a la parte legislativa con motivo de poseer leyes sostenibles que ayuden al ambiente; en cambio la mujer manifiesta que es una cuestión administrativa y de manejo propio de las empresas, además de cada persona con respecto a su roce social.

***Hombre:** Crear una política de cuidado y sostenibilidad, al momento no existe una ley que ampare al aire. Lo que buscan las leyes ahora son recaudar más impuestos y recursos, pero no son destinados a la protección del medio ambiente. **Mujer:** Mantener en los centros de salud los comités que se encuentran encargados del manejo y clasificación de desechos, para que así las unidades de salud sean más amigables con el medio ambiente. Otra muy importante son los edificios libres de humo, lo cual me parece muy buena iniciativa, podríamos además inferir con nuestros pacientes, sugiriéndoles que clasifiquen los desechos y que no quemen la basura, haciendo pequeñas prácticas para que protejan el medio ambiente*

Hombre, 46 años, psicólogo industrial, residente en Chillogallo/Guamaní durante toda su vida; Mujer 45 años, médico familiar, residente en Chillogallo/Guamani hace 10 años

Bajo

Las personas a este nivel de contaminación de igual manera proponen una mejora en la ordenanza municipal y el cumplimiento de las leyes de emisión de gases vigentes con respecto a la población de la ciudad. Además, se establece la educación como medio para conseguir el fin deseado, se acepta la idea de que el cambio es un proceso generacional y se siembra la confianza en las nuevas generaciones.

> *-**Mujer:** Simplemente si un carro, una industria, o un puesto de esquina con las salchipapas están contaminando, ¡se le retira y no funciona más! No que exista la ley y no pasa nada, sino que se cumpla. Aunque sea que yo esté involucrada porque la ley es para todos. -**Hombre:** Creo que se debería hacer campañas de concientización, claro, los viejos ya no podemos hacer nada, pero que las generaciones venideras hagan algo o no colaboren a contaminar más. Una campaña de esas pero que sea constante y que llegue, y que todos sepan que deben hacer.*
>
> *Mujer, 56 años, gerente contable en una compañía textil al norte de la ciudad. Hombre, 55 años, Contratista independiente, residen en Los Chillos hace aproximadamente 20 años, ambos tienen instrucción superior.*

Se propone además un mejor control con respecto al patio automotor, haciendo referencia a la mejora de los automotores con respecto al paso del tiempo, en materia de emisión de gases. Además, se propone una solución directamente relacionada con una forma tangible de mejora ambiental, el conocimiento del poder que poseen los árboles con respecto a la concentración de gases en la atmósfera se menciona en todos los niveles, pero tan solo en este nivel se menciona como solución directa a la mejora de la calidad del aire.

¿Una buena solución? ¡Disminuir los carros que son viejos, retirarles de circulación!, y de pronto sembrar más árboles. Mejorar la calidad de combustible y de los motores.

Hombre, Profesor de secundaria de literatura, 52, reside en San Rafael hace 10 años, trabaja en el sector norte de la ciudad.

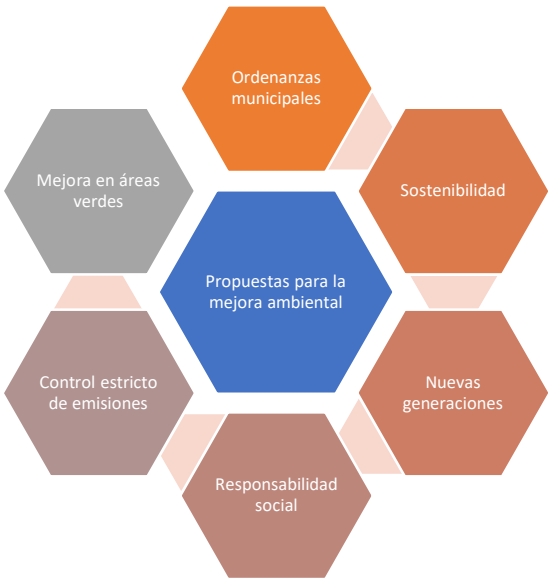


Ilustración 8. Propuestas para la mejora ambiental. Autor: Bryan Rosero C.

Propuestas con respecto a la salud pública para la mejora de la contaminación del aire

Se explica previamente que involucra las políticas de salud pública y que beneficios representan a la población cuando se logran aplica y manejar de una adecuada manera.

La mayoría de la población entrevistada desconocía acerca del tema de salud pública y los efectos que realiza en la población. Se entiende y se acepta el concepto de salud pública basada en prevención y promoción de la salud, a pesar de esto las personas no logran canalizar ideas para con respecto a propuesta de ideas de salud pública. A pesar de tener demanda social alta con respecto a su preocupación por su salud y la de las personas rodean a los informantes, se desconoce los alcances de la salud pública y se enfocan principalmente en manejo ambiental. El tema de salud relacionado con el ambiente se entiende como un concepto directo de enfermedad y no se le asocia beneficio alguno con respecto a la mejora de la salud humana, relacionada directamente con la mejora del ambiente en donde se desarrolla el mismo.

Los pensamientos que se recogen y son similares a propuesta de mejora en los sistemas de salud, no se ven asociados directamente a la pregunta realizada. A pesar de esto las personas reaccionan con propuestas para la mejora global de la calidad del aire e indirectamente de la salud de las personas.

En general esta pregunta no se responde de manera directa por desconocimiento de las personas hacia temas de salud. Sin embargo, las personas responden de manera directa la pregunta previa y con gran apertura.

14. Discusión

Se realizo un estudio de cohorte con metodología cuantitativa y cualitativa en la ciudad de Quito, en donde se proponía relacionar los niveles de contaminación del aire, basados en la monitorización de este por la "Red de monitoreo ambiental de Quito" tomando en cuenta los valores de PM2.5 y PM10 como puntos discriminadores para los distintos sectores de la ciudad y así poder dividir la muestra a tomarse en 3 sectores: Alto, Mediano y Bajo. En estos sectores se realizó encuestas antropométricas y preguntas de hábitos de salud, al igual que problemas respiratorios, posterior a lo que se realizaron espirometrías portátiles. En el estudio la muestra se dividió equitativamente con relación a la cantidad de personas que residían en cada sector de la ciudad con un mínimo de 10 años, ya que los cambios que se han visto relacionados a daño celular en el epitelio respiratorio y en el sistema respiratorio en general, han requerido exposiciones crónicas a los contaminantes y que de esta manera se pueda evidenciar clínicamente la respuesta del organismo ante la exposición (Feng, Gao, Liao, Zhou, & Wang, 2016). En la muestra que se obtuvo la mayoría era representada por el sexo femenino con 56.51%. Esta variación pudo deberse a que las horas de visita para la realización de las pruebas y la encuesta eran a horas de la mañana a razón de 10:00 a 14:00, lo cual se representa por horarios de trabajo. Según el censo nacional de población de 2010 la diferencia en el porcentaje de personas económicamente activas según el INEC era 22.9% con respecto a los hombres, al momento no se cuenta con datos exactos para determinar si esa diferencia se mantiene actualmente, pero pudo haber sido un determinante al momento de levantar la información (Instituto nacional de estadísticas y censos del Ecuador, 2010). A pesar de esto la diferencia en la relación de Hombres vs. Mujeres fue de 0.24 con respecto a los hombres.

La distribución de la población estuvo acorde a los datos que se obtuvieron en el censo nacional de población y viviendo en Ecuador en el año 2010, en los cuales el 62.8% de la población se encontraba dentro del rango de 15-64 años, siguiendo una distribución normal. En el caso de la investigación el 100% de la muestra se encontraba dentro de este rango, pero el grupo más representativo fueron los adultos jóvenes, que comprende la edad entre 20-50 años, datos que se correlacionan con la información oficial publicada por parte del municipio de Quito en su documento de demografía de la población. (Instituto nacional de estadísticas y censos del Ecuador, 2010; Ruales Estupiñán et al., 2017)

Al momento de dividir la muestra para la tabulación por sectores, se encontró que la población más longeva se encontraba en el sector Túneles, Barrio América, Ejido, Alameda; y que contrariamente la población más joven se encuentra en el sector de la Armenia. Al aumentar el crecimiento poblacional a lo largo de los años en la ciudad de Quito, se ha visto que la tendencia de la población es la migración hacia las zonas perimetrales de la ciudad, en este caso los valles de Tumbaco, Cumbayá y Los Chillos. Esto se puede evidenciar en el documento del Plan metropolitano de desarrollo urbano 2012-2022, donde se observa que el crecimiento urbano en los últimos 20 años ha tenido la tendencia a descender en la zona urbana y aumentar en la zona suburbana en 1 punto porcentual respectivamente. Al ser reciente la tendencia que se ha ido observando con respecto a la población y su demografía se entiende además la razón de por qué las personas viven menos años en promedio en el sector de Los Chillos, siendo superado en su totalidad por las zonas del centro de Quito.

En la población se observó que un 12.50% presenta alguna patología de base que tenga relación con el sistema respiratorio, o la presentó en algún punto de la vida. Se estima una prevalencia para asma a nivel poblacional del 1-18% dependiendo el país, siendo los países más desarrollados en aquellos donde los porcentajes para la población son mayores. En el estudio ISAAC, que investiga la prevalencia de asma a nivel internacional y se viene realizando desde 1995, se encontró que la prevalencia en el Ecuador era aproximadamente 12%. Por lo que la variación que presenta los resultados del estudio se mantiene dentro del rango esperado para la población. (Asher et al., 1995). Hay que destacar que en el momento de la entrevista no se tomaba en cuenta si era Asma en la infancia, Asma en la edad adulta o alguna condición en específico y variante del asma, lo que se preguntaba era: "¿En la infancia ha presentado Asma, Bronco displasia pulmonar, Neumonía, etc.; o ha sido diagnosticado de alguna patología crónica pulmonar?". **Los casos que presentaron patología pulmonar de base no seguían un patrón con respecto a la localización geográfica, por lo que no se le atribuye, en este estudio, la relación directa de patología respiratoria de base y concentraciones de contaminantes en el aire**.

Los datos hallados con respecto al hábito tabáquico que presentaban las personas se relacionan directamente con los datos poblacionales que se estiman para el Ecuador. En este estudio se encontró que el 17.2% de la población total investigada poseía hábitos tabáquicos, de este porcentaje el 66.7% son representados por el sexo masculino y los sectores donde más se fumaba era en zonas urbanas y con alta densidad demográfica. Mismos datos que se encontraron en el censo de población y vivienda del año 2010, al igual que en las encuestas de salud de hombres y mujeres del INEC del año 2006, donde se determina que el 10.2% de la población presenta hábitos tabáquicos y de los cuales el 88.4% de mujeres

y el 84.9% de hombres se encuentran entre los 21-64 años, siendo las mujeres el 29.4% del total de fumadores. Dato importante que se corresponde con lo hallado en el estudio donde se encontró que el 33.3% de las personas con hábitos tabáquicos, eran mujeres. (Ferreira, García, Macías, Avellaneda, & Tomsich, 2010)

En las acciones que realizan las personas para mitigar los efectos de la contaminación visible del aire, se encontraron datos interesantes que reflejaban indirectamente el conocimiento y la percepción de la contaminación del aire. En los lugares de Alto nivel de contaminación, las personas en su mayoría se cubren con la mano, con la manga y con nada, en ese orden. En medio nivel de contaminación las personas se cubren con mano, nada y ángulo del codo, en ese orden; y por último en los lugares de baja contaminación del aire las personas se tapan con el ángulo del codo, mano, manga, en ese orden.

Al ser la contaminación más evidentemente visible con respecto a la normalidad en las zonas de bajo nivel de contaminación, las personas realizan más acciones para mitigar este efecto, a diferencia de las personas que aceptan a la contaminación como algo normal en las zonas de alto tráfico vehicular en donde no se percibe de la misma manera el contraste con respecto a la no contaminación; estos datos se repiten de manera íntegra en las entrevistas realizadas a personas que residen en niveles bajos de contaminación donde constantemente surge la expresión “se nota la diferencia”, haciendo referencia a la parte visible del aire con respecto a la contaminación principalmente por humo de escapes de automóviles.

Se encontró que los hombres y mujeres se enferman 3 veces en promedio al año de alguna Infección Respiratoria, no se especificó cual, pero dentro de la lista se incluía: Rinofaringitis aguda, Linfadenitis cervical aguda, neumonía asociada a la comunidad, influenza. Este dato se correlaciona con las principales causas de morbilidad en la zona 2 del Ministerio de salud pública de ecuador en donde se indica que las infecciones respiratorias agudas representan aproximadamente el 22.6% de la atención ambulatoria(Ministerio de salud pública del Ecuador, 2016), lamentablemente no se encontraron datos acerca de tasas o prevalencia de enfermedades respiratorias por lo que sería interesante poder observar esos valores en investigaciones futuras.

Se observó en los resultados de las espirometrías que los valores esperados siempre iban a superar a los valores reales obtenidos en las pruebas realizadas a la población, siendo FEV1/FVC el único parámetro que se mantuvo dentro de los límites normales constantemente para la población. Al ser FEV1/FVC el principal indicador para determinar un patrón obstructivo si es que este valor es menor al 70%, se observa que el patrón obstructivo dentro de la población fue aislado en su mayoría, y pocas personas que además

en la encuesta respondieron que tenían patología respiratoria de base se encuentran por debajo de estos valores.

FVC y FEV1 presentan una notable disminución con respecto a lo que se propuso en la hipótesis de la investigación: a mayor nivel de contaminación, descenderían los valores de espirometría con respecto a la normalidad. A pesar de esto los gráficos obtenidos en la Figura 31, son con respecto a los datos que se esperan para esa población en específico y no deben ser confundidos con valores finales de espirometría. En estos gráficos se dan datos en crudo de cuanto se obtuvo y cuando se debería obtener óptimamente, sin tomar en cuenta las variaciones normales para la población, sino solamente en un modelo matemático de la capacidad pulmonar; sin embargo no descarta el hecho de que conforme aumenta la concentración de material particulado en el sector, los valores se encuentran más alejados de lo que deberían estar, razón por la cual en los gráficos se decidió integrar además los valores numéricos esperados en promedio y los obtenidos por medio de la prueba en promedio. **Estos cambios sugieren directamente que la contaminación del aire representada por variaciones en PM2.5 y PM10, se podría relacionar con la disminución o afección pulmonar en las personas que presentan exposición crónica a distintos niveles de estos contaminantes.**

El valor que más lejanamente se encontró a partir de la curva esperada para la población fue el de PEF (pico espiratorio de flujo), el cual se vio superado la mayoría de los casos en un 40% aproximadamente. Esto se puede deber a que el espirómetro utilizado no era específico para medir el PEF y este valor obtenido no fue analizado en la misma calculadora que el resto de los parámetros. El valor de PEF fue analizado en una calculadora aparte, obtenida de los valores del estudio del Dr. Balasubramanian, quien realizó diversas flujometrías a niños de la India, por lo que la aplicación directa hacia la población latina no sería del todo aceptada. (Balasubramanian, Ravikumar, Chakkarapani, & Shivbalan, 2002). Sin embargo, el PEF se ha asociado a inflamación pulmonar crónica en diversos estudios y se utiliza en adultos sanos que no presenten asma para evaluar, en condiciones laborales, los posibles efectos que pueden tener ciertos químicos y humos químicos de la industria siderúrgica, la industria del cemento y el uso de lija sin protección respiratoria (Dutta, n.d.; Kherde & Mishra, n.d.; Missagia et al., 2018; Sanyal, n.d.)

En los países de la Unión Europea, Estados Unidos y el Reino Unido, la investigación con respecto a los valores que se obtienen de la espirometría y los valores de contaminantes que se encuentran en el ambiente han sido de vital importancia para la toma de decisiones acerca del control mas asertivo de la calidad del aire, o una mejora constante en las fuentes de emisiones de estos gases nocivos para la salud. Se han hallado asociaciones directas entre patrones restrictivos al realizar la espirometría en pacientes

que no poseen asma, pero son obesos, en el Reino Unido (de Jong et al., 2016). Los parámetros que se ven afectados directamente siempre son PEF, FEV1 y FVC con respecto a la exposición al tráfico pesado, sin embargo, en los estudios que se mencionan en esta discusión, había demás criterios que pueden haber afectado estos valores, como son: obesidad, sedentarismo, tabaquismo, enfermedad respiratoria de base, y demás condiciones que sólo se podrían eliminar en una regresión lineal, controlando los posibles factores y determinando los relacionados directamente.

En estudios que se han realizado en roedores donde se les induce síndrome metabólico por medio de dietas altas en fructosa y luego se las expone a emisiones de tráfico, se logró evidenciar inclusive que hay una desregulación parasimpática con respecto al control de la respiración (Diaz et al., 2015).

En la Figura 32, se logra observar en cambio que a pesar de que los valores promedios en su mayoría no se encuentran por debajo de la línea de la normalidad en el porcentaje de FVC con respecto al sector, hay casos que se encuentran por debajo de lo esperado para la normalidad, siendo estos casos los que en realidad evidencian los efectos de la contaminación en la función respiratoria de las personas. Se observa de igual manera que en los sectores que menos niveles de PM2.5 y PM10 presentan, las medias y la mayoría de la población se encuentran por encima del valor mínimo esperado. Llegándose a confirmar la hipótesis nuevamente, que conforme al aumento de los niveles de PM2.5 y PM10 y demás sustancias que contaminan el aire, disminuye la función pulmonar en las personas. Estos valores presentan la misma tendencia para casi todos los valores espirométricos y los resultados se pueden extrapolar a todos excepto a FEV1/FVC y FEF2575. En el caso de FEV1//FVC como ya se mencionó previamente, hay pocos valores que se encuentran por debajo del límite normal que demuestra que no existe un patrón obstructivo objetivamente, a excepción del sector de Jipijapa en donde se encuentran los casos que refirieron padecer de EPOC (enfermedad pulmonar obstructiva crónica). En el caso de PEF2575, prácticamente todos los sectores se encuentran por encima de la línea de referencia a excepción del sector Condado, Peaje Chillos, Peaje Guayasamín.

La relación que posee la exposición prolongada o por varios años ante PM2.5 y PM10, con respecto a eventos cardiovasculares, se encuentra muy bien documentada y se estima que un incremento en 10 microgramos/metro cúbico en las concentraciones del aire, pueden aumentar de 4-20% el riesgo de presentar una patología cardiaca (Brook et al., 2009), además en las personas que poseen ya una desregulación metabólica y cardiovascular por causa de la Diabetes Mellitus Tipo 2, incrementan el riesgo de enfermedad vascular y las consecuencias que conlleva el no regular de manera correcta la presión arterial. Se evidencio en un estudio realizado en personas que tenían DM2, que una variación con respecto

a la presencia de carbón en PM2.5 y variaciones con respecto a la concentración de ozono en el aire, generaban cambios a nivel de la presión arterial tanto diastólica, cuanto sistólica. (Hoffmann et al., 2012).

Otro punto que considerar son las admisiones hospitalarias que genera el incremento constante o la exposición al material particulado y demás gases contaminantes del aire, además de los años perdidos por discapacidad relacionados a la contaminación del aire. Se estima que en el año 2000 en Austria, Francia y Suiza la contaminación del aire por parte del tráfico y el patio automotor fue causante de 40000 muertes ese año, además de 25000 casos nuevos de bronquitis crónica en adultos y 290000 casos de bronquitis aguda en niños. (Künzli et al., 2000); en Londres se encontró asociación entre las admisiones hospitalarias y la exposición continua al tráfico pesado, además de una condición socioeconómica baja. (Samoli et al., 2016); en Estados Unidos se encontró correlación positiva entre la exposición a aire contaminado por tráfico e ingresos hospitalarios por causas neurodegenerativas, tomando en cuenta: Demencia, Alzheimer, Parkinson. (Kioumourtzoglou et al., 2015).

Se podrían mencionar un sinnúmero de estudios que relacionan la exposición a partículas y emisiones de gases de tráfico principalmente, con respecto a mortalidad y morbilidad desde varios aspectos, lo que se conoce hasta este momento es que las principales correlaciones son: Cardiovasculares, respiratorias y neurológicas. La Organización mundial de la salud estima que la contaminación del aire esta relacionada directamente con 8 millones de muertes al año, tomando en cuenta el aire de interiores (Indoor) y el aire de exteriores (Outdoor), además estiman que el 91% de la población mundial reside en lugares donde la calidad del aire se excede con respecto a los valores establecidos por la misma entidad. (WHO, 2018c).

24% de todas las muertes por enfermedad cerebrovascular, 25% de todas las enfermedades cardiacas, 43% de todas las enfermedades pulmonares y 29% de las muertes por cáncer de pulmón se encuentran asociadas directamente con la contaminación del aire.(WHO, 2018c) Estos datos son a nivel global y representan una realidad ante la que no se había enfrentado nunca el ser humano.

La salud pública asienta sus bases en el conocimiento científico y la comprensión de la población, para de la mejor manera poder implementar planes y estrategias que sean aplicables, universales y efectivas; el avance del conocimiento científico a nivel molecular a ayudado a entender de mejor manera como el material particulado se asocia directamente con diversas patologías y de igual manera se ha logrado comprender el mecanismo por el cual lo realiza. Al tener en claro el ámbito científico, la implementación de políticas de salud sigue siendo un reto, pues las poblaciones varían constantemente en ámbito cultural, social, demográfico y económico. No se puede implementar la misma estrategia en todos los lugares sin

que haya variaciones significativas, principalmente en el ámbito antropológico, y que los resultados sean los óptimos.

En la antigüedad la falta de un sistema de manejo de residuos, falta de alcantarillado y el agua no potable cobraban la mayor cantidad de vidas, al corregirse de manera eficaz estos problemas se disminuyó notablemente las muertes prematuras en las personas. Actualmente ante nuevos retos, cambios de panorama y secundario a la modernidad, la salud debe de igual manera evolucionar. Se estima que a causa de la contaminación por PM2.5 se pierden en promedio 8.6 meses de vida, caso contrario, si es que se lograra cumplir el estándar anual establecido por la OMS en sus guías de calidad del aire, la población en general aumentaría su expectativa de vida en 22 meses en promedio. (Kelly & Fussell, 2015b; Krzyzanowski & Cohen, 2008). En un estudio realizado en Londres se estimó que una reducción de 10 microgramos/metro cúbico en la emisión de PM2.5 (correspondiente a las fuentes antropogénicas) seria equivalente a eliminar las muertes prematuras asociadas a accidentes de tránsito y consumo pasivo de tabaco. (Miller & Hurley, 2006)

En Quito se cuenta con el IQCA, el cual es una herramienta de fácil difusión que propone crear alerta en la ciudadanía acerca de la calidad del aire que se respira en ese momento, por sectores y en tiempo real. A pesar de esto durante las entrevistas se preguntaba de manera abierta a las personas si conocían acerca de la monitorización del aire en la ciudad, o si poseían conocimiento acerca de la existencia del IQCA, a lo que el 100% de las personas entrevistadas desconocieron ambos puntos. Un problema directo para el manejo de la salud en la población es la educación. En Ecuador, en el año 2015 se le empezó a dar importancia a los niveles de radiación UV y se instalaron equipos y sensores que midan la cantidad de radiación UV en tiempo real, además de las predicciones que podían realizar para el siguiente día u horas del mismo día, en ese mismo momento se empezaron a implementar charlas acerca de la importancia de la prevención y el uso de protector solar como medida preventiva en contra del cáncer de piel. (Diario PP El verdadero, 2015). En una búsqueda no científica por medio del motor de búsqueda de Google, se ingresaron las palabras “índice quiteño de calidad del aire” y se evidenció que la última publicación por parte de un diario de la capital con respecto a este índice fue en relación con un aumento en la radiación UV y las emisiones altas de ozono que se pueden producir por un exceso en la radiación UV durante ese tiempo. (El comercio, 2017). Una complicación y déficit con respecto a la aplicabilidad de el IQCA, podría ser que los valores a los que hace referencia son técnicos, de difícil memorización y que requieren conocimiento previo para su interpretación. En el caso de gobiernos como Canadá, China y la Unión Europea, sus índices de calidad de aire son de fácil compresión para la población en general y siguen una

escala aritmética por lo que su interpretación es más simple. No es necesario aprenderse los valores de los contaminantes y además es una escala cromática, siendo verde igual a que no existe preocupación con la calidad del aire y rojo por el contrario preocupación y problemas en la calidad del aire. Se condujo una investigación en donde se encontró que, reforzando el conocimiento de la población propensa a presentar complicaciones debido a la contaminación del aire, reforzando conocimientos en personas con bajo estatus socioeconómico y promoviendo el uso constante del índice entre la población en general, se podría conseguir el objetivo final del índice, que sería evitar complicaciones en la población de riesgo. (Radisic, Newbold, Eyles, & Williams, 2016).

Se estima que en el Ecuador 25 muertes por cada 100.000 habitantes están asociadas directamente a la contaminación del aire asociadas a PM2.5; En el 2016, Ecuador perdió a causa de enfermedad 24.776 DALYs[4] /100.000 habitantes, de los cuales 17.064 DALYs/ 100.000 habitantes se atribuían a enfermedades crónicas no transmisibles, dentro de estos 480 DALYs /100.000 habitantes (2.81%) y 19.424 DALYs en total para la población, se le atribuían a la contaminación del aire y específicamente PM2.5, este porcentaje es equivalente a los años perdidos por enfermedades tropicales y malaria, desnutrición y daño autoinfligido. Ecuador en total para el año 2016 tuvo 24.936 DALYs/100.000 habitantes y un gasto en salud de 579.19 USD per cápita[5] no ajustados por inflación representando aproximadamente el 10% (8.54% según banco mundial) del PIB per cápita. En el 2016, 1.06% de la mortalidad general, fue atribuida directamente a PM2.5 según OMS. Acorde a datos del banco mundial 3.34% de las muertes del año 2016 estuvieron relacionadas directamente con PM2.5. (Cohen et al., 2017; "WHO | Mortality and burden of disease from ambient air pollution," 2016; WHO, 2018a, 2018b)

Por medio de esta investigación se logró encontrar una correlación directa entre los niveles de contaminación variables (con respecto a PM2.5 y PM10) y la disminución en la función pulmonar de las personas que se exponen crónicamente a estos. Las alteraciones pulmonares son sólo el foco de esta investigación, pero en diversas fuentes se evidencia que la contaminación del aire tiene relación con diversidad de patologías y afecciones hacia la salud del ser humano. De igual manera se evidencia que su mejora continua, en los valores y las fuentes de emisión, se relacionan directamente con una mejora en

[4] DALYs: Años perdidos de vida ajustados por discapacidad. Es un indicador estadístico de la carga que representa una enfermedad. Se entiende como el número de años de vida sana que se pierden a causa de la enfermedad.
[5] Gasto en salud per cápita: valor equivalente al gasto que representa una enfermedad por cada persona en una población, se relaciona directamente con el PIB para determinar el gasto en salud de un país.

la calidad de vida de las personas. El costo que representa, tanto económico, cuanto la carga de la enfermedad son puntos vitales para la toma de decisiones en materia poblacional.

A pesar de que el estudio se realizó en la ciudad de Quito, la contaminación del aire es un problema global; en el ámbito local son pocas las ciudades que mantienen control y seguimiento a los valores de contaminantes en el aire, lo cual, correlacionado con los datos cualitativos de esta investigación, sigue siendo un tema al cual no se le muestra gran importancia. El desarrollo a diferente velocidad de las distintas zonas del Ecuador podría ser un factor influyente para que la monitorización de factores externos que afectan a la salud no se encuentren monitorizados y controlados; esto podría corroborarse con futuras investigaciones a nivel nacional.

El compromiso con respecto al cambio que se tiene que realizar en ámbito sanitario es mandatorio. La misma importancia que se le otorga a temas de vital importancia como lo son campañas de vacunación, cese al fumar, muertes accidentales y enfermedades crónicas no transmisibles, debe ser enfocado también hacia la salud ambiental. En una sociedad donde las personas poseen los medios y el conocimiento para saber que la prevención de la salud es la mejor estrategia para si mismos y sus familiares, las políticas de salud serían en su totalidad aplicables y benéficas. A pesar de que es un tema complicado y el abordaje que se le realiza debe ser integral y multifocal, la contaminación del aire debe mejorar. El poder convertir el conocimiento científico en material lo suficientemente potente, real y tangible para que por medio de este se puedan realizar políticas públicas y toma de decisiones, tendrá en su momento la facilidad y la apertura para cambiar la forma en cómo la población percibe la enfermedad. Espero en algún momento saber que las causas ambientales no representan más un daño directo a la sociedad y un costo alto en la salud pública, que la inversión en salud sea algo primordial para alcanzar el desarrollo de nuestro país y que las épocas venideras tengan como propuesta e hilo principal la sostenibilidad en todo su amplio sentido.

15. Conclusiones y recomendaciones

15.1. Conclusiones

Con los resultados y la discusión de este estudio se puede concluir:

- Las concentraciones de PM2.5 y PM10 tienen correlación directa con la variación de valores espirométricos en la población de la ciudad de Quito, FEV1 y PEF ($p<0.01$), y en el caso de FVC, FEF75 y FEF2575 ($p<0.05$). A pesar de esto, poseen una correlación leve dependiendo la variable.

- La exposición prolongada ante distintos tipos de emisiones contaminantes en la atmósfera representa un riesgo para presentar diversas patologías de etiología cardiovascular, respiratoria y neurológica en la población en general.

- PM2.5 es el principal responsable de daños en la salud de las personas, evidenciándose en todas las etapas de la vida alteraciones en los sistemas mencionados y además disminuyendo la expectativa de vida de las personas.

- Una reducción en los valores promedio anuales de las concentraciones de PM2.5 se ven asociados con mejora en la salud global de las personas, y mejora en marcadores estadísticos de salud pública

- La cultura es una variable independiente en cada sector y gracias a esta se ven reflejadas las características y actitudes que poseen las personas con respecto a su salud y su percepción de enfermedad.

- No existe una preocupación evidente por parte de la ciudadanía con respecto a la contaminación del aire, sus efectos en la salud y las consecuencias que conlleva. La falta de información juega un rol importante en el desconocimiento de índices, valores, fuentes y efectos de la contaminación del aire en la salud de las personas.

- La normalización de la contaminación como problema del diario vivir, ejerce efecto directo en la preocupación que poseen las personas con respecto al futuro de esta. Una mejora en la información hacia la población crearía preocupación y toma de acciones en contra de la contaminación ambiental.

- A pesar de que la geografía sea benéfica para el flujo del aire, en los valles de Cumbayá y Los Chillos, se encontraron diferencias en cuanto a niveles de contaminación, y contrario a lo que se podría inferir: Tumbaco y Cumbayá, no son lugares que presentan mejor calidad del aire y valores espirométricos que los sectores de alto nivel de contaminación del aire.

- El sector de Los Chillos es un lugar óptimo para residir en términos de calidad del aire y salud pulmonar. Las personas que residen en este lugar presentaron los mejores puntajes con respecto a todos los valores espirométricos en el estudio.

- Los sectores que corresponden a: Túneles, Barrio América, Ejido, Alameda, Mañosca, Mariana de Jesús, Chimbacalle, México, Alpahuasi, Eplicachima, Tumbaco y Jipijapa, fueron los sectores con los valores más bajos en espirometría, a pesar de esto, sus promedios no se encuentran fuera de los valores normales.

- La educación en las nuevas generaciones es la propuesta que comparte la población con respecto a soluciones que se puede dar para disminuir la contaminación ambiental.

- La población comparte la preocupación por temas de salud ambiental y relacionan al patio automotriz como responsable directo de la contaminación del aire.

- La población entiende y comprende que un cambio en la educación en nuevas generaciones, incidirá en el cambio a futuro de los problemas de la modernidad.

15.2. Recomendaciones

- Realizar futuras investigaciones ampliando más los sectores y la muestra a nivel de la ciudad para corroborar los datos obtenidos en esta investigación.
- Mejorar y adaptar el IQCA para su mejor entendimiento, aceptación y manejo por parte de la población, además de promover su uso para estrategias de prevención.

- Mejorar los controles con respecto a emisiones de gases por parte del patio automotriz en la ciudad de Quito, para así mejorar los valores promedio de concentración de contaminantes en la atmósfera.
- Vigilar y educar de sobremanera a las personas que tienen predisposición a presentar exacerbaciones a causa de patologías de base: Asma, EPOC, Bronquitis, etc. Para que la responsabilidad de su salud sea compartida y se vean beneficiados de instrumentos de salud pública para un mejor control de su patología.
- Adaptar las políticas de salud pública con respecto a la población local.
- Adaptar y mejorar las políticas de salud pública a nivel nacional y difundir el control de la calidad del aire en la población nacional.
- Generar políticas de salud pública que contemple al ambiente como involucrado directo en el génesis de salud o enfermedad.
- Calibrar y dar mantenimiento a los equipos que realizan la monitorización del aire continuamente. De igual manera, determinar si las mediciones son las adecuadas y benéficas tanto en cantidad, cuanto, en ubicación para la ciudad de Quito.
- Realizar controles poblacionales periódicos y relacionarlos con respecto a calidad de factores ambientales e investigar sus efectos en la salud de las personas, tanto a nivel local, cuanto nacional.
- Apuntar hacia el cambio y mejora de obtención de energía, como: uso de vehículos híbridos o eléctricos, transporte público eléctrico, manejo de desechos, quema de residuos y distribución zonal de fábricas para mejorar los niveles de emisiones en la atmósfera.
- Proponer proyectos sostenibles para la mejora ambiental en la ciudad de Quito, con una metodología tipo concursos de proyectos sostenibles para la mejora de la calidad del aire en la ciudad.
- Replicar el estudio o realizar estudios en diferentes lugares a nivel nacional, para obtener datos nacionales de la salud de las personas con respecto a PM2.5 y PM10.
- Replicar el estudio en personas que se encuentren directamente en la calle manejando el tráfico de la ciudad, personas que trabajen en cabinas de peaje y trabajadores de gasolineras o personal que se encuentre quemando combustible constantemente, para conocer si existen diferencias entre distintos niveles de exposición.
- Difundir la información obtenida en esta investigación hacia los profesionales de la salud, autoridades de salud pública, y personas encargadas del control de emisiones en la población.

Logrando de esta manera adaptar el tratamiento y el manejo de enfermedades a nivel local, tomando en cuenta la información obtenida en esta investigación.

- Evitar la exposición directa a la contaminación del aire (visible) cuando se realizan actividades físicas o recreacionales.
- Respetar y engrandecer a la diversidad cultural, étnica, ideológica y poblacional. “Los mosaicos, siempre serán por excelencia, obras de arte”[6]
- Ir siempre hacia lo grande, a lo benéfico, a algo que pueda servir para todos. Este estudio fue diseñado y realizado por una sola persona, tomando como universo la población de Quito.
- Promover y apoyar la investigación científica en la población, ayudar a los jóvenes y velar siempre por la seguridad y salud del paciente.

[6] Pensamientos y reflexiones del autor

16. Bibliografía

ACEA. (n.d.). ACEA - European Automobile Manufacturers' Association. Retrieved September 3, 2018, from https://www.acea.be/industry-topics/tag/category/euro-standards

Adam, M., Schikowski, T., Carsin, A. E., Cai, Y., Jacquemin, B., Sanchez, M., … Probst-Hensch, N. (2015). Adult lung function and long-term air pollution exposure. ESCAPE: a multicentre cohort study and meta-analysis. *European Respiratory Journal*, *45*(1), 38–50. https://doi.org/10.1183/09031936.00130014

Álvarez Gutiérrez, F. J., Barchilón Cohen, V., Casas Maldonado, F., Compán Bueno, M. V., Entrenas Costa, L. M., Fernández Guerra, J., … Trillo Fernández, C. (2009). Documento de Consenso sobre la espirometría en Andalucía. *SEMERGEN - Medicina de Familia*, *35*(9), 457–468. https://doi.org/10.1016/S1138-3593(09)72845-X

Anderson, J. O., Thundiyil, J. G., & Stolbach, A. (2012). Clearing the Air: A Review of the Effects of Particulate Matter Air Pollution on Human Health. *Journal of Medical Toxicology*, *8*(2), 166–175. https://doi.org/10.1007/s13181-011-0203-1

Andinos., M. del C. M. Z. para el B. del I. F. de E., & Andinos., M. del C. M. Z. para el B. del I. F. de E. (2006). *Ubicación geográfica de Quito, en la introducción del texto*. Retrieved from http://redalyc.uaemex.mx/redalyc/pdf/126/12635312.pdf

Apte, J. S., Marshall, J. D., Cohen, A. J., & Brauer, M. (2015). Addressing Global Mortality from Ambient PM2.5. *Environmental Science and Technology*. https://doi.org/10.1021/acs.est.5b01236

Asher, M. I., Keil, U., Anderson, H. R., Beasley, R., Crane, J., Martinez, F., … et, al. (1995). International Study of Asthma and Allergies in Childhood (ISAAC): rationale and methods. *The European Respiratory Journal*, *8*(3), 483–491. Retrieved from http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/7789502

Ashton, & S., T. (1997). The Industrial Revolution 1760-1830. *OUP Catalogue*. Retrieved from https://ideas.repec.org/b/oxp/obooks/9780192892898.html

Atkinson, R. W., Kang, S., Anderson, H. R., Mills, I. C., & Walton, H. A. (2014). Epidemiological time series studies of PM2.5 and daily mortality and hospital admissions: a systematic review and meta-analysis. *Thorax*, *69*(7), 660–665. https://doi.org/10.1136/thoraxjnl-2013-204492

Balasubramanian, S., Ravikumar, N. R., Chakkarapani, E., & Shivbalan, S. O. (2002). Peak expiratory flow rate in children--a ready reckoner. *Indian Pediatrics*, *39*(1), 104–106. Retrieved from http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/11805367

Ballester, F., Estarlich, M., Iñiguez, C., Llop, S., Ramón, R., Esplugues, A., … Rebagliato, M. (2010). Air pollution exposure during pregnancy and reduced birth size: a prospective birth cohort study in Valencia, Spain. *Environmental Health*, *9*(1), 6. https://doi.org/10.1186/1476-069X-9-6

Bauer, C., Hofer, J., Althaus, H.-J., Del Duce, A., & Simons, A. (2015). The environmental performance of current and future passenger vehicles: Life cycle assessment based on a novel scenario analysis framework. *Applied Energy*, *157*, 871–883. https://doi.org/10.1016/J.APENERGY.2015.01.019

Bedoya, M., Oviedo Bejarano, A. M., Mera Bozano, E. F., & Flores Brito, S. X. (2017). *Análisis del Impacto del Impuesto Ambiental en el Ecuador, Zona 3*. *Ojeando la Agenda, ISSN 1989-6794, Nº. 47, 2017*. Begoña Peris. Retrieved from https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6007597

Blumberg, S. (2017). Researchers Share Perspective on Key Elements of Ozone Layer Recovery. Retrieved from https://www.nasa.gov/feature/goddard/2017/nasa-researchers-share-perspective-on-key-elements-of-ozone-layer-recovery

Brook, R. D., Urch, B., Dvonch, J. T., Bard, R. L., Speck, M., Keeler, G., … Brook, J. R. (2009). Insights into the mechanisms and mediators of the effects of air pollution exposure on blood pressure and vascular function in healthy humans. *Hypertension (Dallas, Tex. : 1979)*, *54*(3), 659–667. https://doi.org/10.1161/HYPERTENSIONAHA.109.130237

Brunekreef, B., & Holgate, S. T. (2002). Air pollution and health. *The Lancet*, *360*(9341), 1233–1242. https://doi.org/10.1016/S0140-6736(02)11274-8

Castilla López, F. C. (2017). Impacto de la legislación aplicable a la catalogación de vehículos históricos sobre el consumo de combustible y el impacto medioambiental del parque automovilístico español. Propuesta para una nueva legislación, 1. Retrieved from https://dialnet.unirioja.es/servlet/dctes?codigo=146034

Castro, A., Künzli, N., & Götschi, T. (2017). Health benefits of a reduction of PM10 and NO2 exposure after implementing a clean air plan in the Agglomeration Lausanne-Morges. *International Journal of Hygiene and Environmental Health*, *220*(5), 829–839. https://doi.org/10.1016/J.IJHEH.2017.03.012

Chen, H., & Copes, R. (2013). *Review of Air Quality Index and Air Quality Health Index*. Retrieved from https://www.publichealthontario.ca/en/eRepository/Air_Quality_Indeces_Report_2013.pdf

Chile, M. de salud de. (2002). *Vigilancia Epidemiológica*. Chile. Retrieved from http://epi.minsal.cl/epi/html/public/enftransmisibles.pdf.

Chury, M., Sota, J., & Wendler, D. (2017). Monitoreo de material particulado y desarrollo de instrumental, caso de estudio ciudad de Concordia, ER. Retrieved from http://ria.utn.edu.ar/handle/123456789/2270

Cohen, A. J., Brauer, M., Burnett, R., Anderson, H. R., Frostad, J., Estep, K., … Forouzanfar, M. H. (2017). Estimates and 25-year trends of the global burden of disease attributable to ambient air pollution: an analysis of data from the Global Burden of Diseases Study 2015. *The Lancet*, *389*(10082), 1907–1918. https://doi.org/10.1016/S0140-6736(17)30505-6

De Fuentes Navarta, M., Ojeda, C. B., & Rojas, F. S. (2008). Aplicación de la espectroscopía del infrarrojo medio en química analítica de procesos. *Bol. Soc. Quím. Méx*, *2*(3), 93–103. Retrieved from http://depa.fquim.unam.mx/amyd/archivero/metodosIR_21698.pdf

de Jong, K., Vonk, J. M., Zijlema, W. L., Stolk, R. P., van der Plaat, D. A., Hoek, G., … LifeLines Cohort Study Group. (2016). Air pollution exposure is associated with restrictive ventilatory patterns. *The European Respiratory Journal*, *48*(4), 1221–1224. https://doi.org/10.1183/13993003.00556-2016

Diario PP El verdadero. (2015, May 11). Ecuador se preocupa por incidencia de radiación ultravioleta, p. 1. Retrieved from http://www.ecuadorinmediato.com/index.php?module=Noticias&func=news_user_view&id=2818781049

Diaz, E., Vasileios, P., Coull, B., Harkema, J., Journal, J. G.-T. F., & 2015, U. (2015). Cellular and Respiratory Responses to Inhalation of Traffic Derived Particles in a Rat Model of High Fructose Diet-Induced Cardio-Metabolic Syndrome. *Fasebj.Org*. Retrieved from

https://www.fasebj.org/doi/abs/10.1096/fasebj.29.1_supplement.950.10

Díaz, V. (2018). *Informe De La Calidad Del Aire De Quito 2017*. Quito. Retrieved from http://www.quitoambiente.gob.ec/ambiente/index.php/informes#informe-calidad-del-aire-2017

Dirks, K., Scarfe, J., Talbot, N., Marshall, R., & Salmond, J. (2017). A Statistical Analysis of the Relationship between Brown Haze and Surface Air Pollution Levels on Respiratory Hospital Admissions in Auckland, New Zealand. *Climate*, *5*(4), 86. https://doi.org/10.3390/cli5040086

Dockery, D. W. (2009). Health Effects of Particulate Air Pollution. *Annals of Epidemiology*, *19*(4), 257–263. https://doi.org/10.1016/J.ANNEPIDEM.2009.01.018

Duan, C., Broadwin, R., O Talbott, E., M Brooks, M., Matthews, K., & Barinas-Mitchell, E. (2017). Abstract P067: Early Exposure to PM2.5 and Ozone During the Menopausal Transition as Predictor of Subclinical Atherosclerosis in Late Midlife Women: the Study of Women's Health Across the Nation (SWAN). Retrieved July 25, 2018, from https://insights.ovid.com/circulation/circ/2017/03/071/abstract-p067/171/00003017

Dutta, B. (n.d.). COMPARATIVE STUDY OF PEAK EXPIRATORY FLOW RATE AND ABSOLUTE EOSINOPHIL COUNT AMONG WORKERS OF CEMENT INDUSTRY AT GUWAHATI …. *Wwjournals.Com*. Retrieved from https://wwjournals.com/index.php/ijsr/article/view/3345

Ebenstein, A., Fan, M., Greenstone, M., He, G., Yin, P., & Zhou, M. (2015). Growth, Pollution, and Life Expectancy: China from 1991–2012. *American Economic Review*, *105*(5), 226–231. https://doi.org/10.1257/aer.p20151094

El comercio. (2017, September 21). Por nivel extremadamente alto de radiación UV, el ozono llegó a su capa más baja en la Sierra de Ecuador | El Comercio, p. 1. Retrieved from https://www.elcomercio.com/tendencias/inamhi-radiacion-ozono-esmogfotoquimico-ministeriodesalud.html

Erickson, L. E., & Jennings, M. (2017). Energy, Transportation, Air Quality, Climate Change, Health Nexus: Sustainable Energy is Good for Our Health. *AIMS Public Health*, *4*(1), 47–61. https://doi.org/10.3934/publichealth.2017.1.47

Feinstein, C. H., Temin, P., & Toniolo, G. (2008). The World Economy between the World Wars. *OUP Catalogue*. Retrieved from https://ideas.repec.org/b/oxp/obooks/9780195307559.html

Feng, S., Gao, D., Liao, F., Zhou, F., & Wang, X. (2016). The health effects of ambient PM2.5 and potential mechanisms. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, *128*, 67–74. https://doi.org/10.1016/J.ECOENV.2016.01.030

Ferreira, C., García, K., Macías, L., Avellaneda, A., & Tomsich, C. (2010). Mujeres y Hombres del Ecuador en cifras III, 184. Retrieved from http://www.ecuadorencifras.gob.ec/wp-content/descargas/Libros/Socioeconomico/Mujeres_y_Hombres_del_Ecuador_en_Cifras_III.pdf

Fitzgerald, K. T., & Flood, A. A. (2006). Smoke inhalation. *Clinical Techniques in Small Animal Practice*, *21*(4), 205–214. https://doi.org/10.1053/j.ctsap.2006.10.009

Frenk, J., & e-libro, C. (2015). *La salud de la población hacia una nueva salud pública*. Fondo de Cultura Económica. Retrieved from https://books.google.com.ec/books/about/La_Salud_de_la_Población.html?id=olWbAAAACAAJ&redir_esc=y

Ger, E., & Ger, E. (2006). *Pequeña descripción sobre la geografía de Quito*. Retrieved from http://www.canalsocial.net/GER/ficha_GER.asp?id=7113&cat=geografia

Gérvas, J., Atención, M. P. F.-R. de I. S. y, & 2009, undefined. (n.d.). Los daños provocados por la prevención y por las actividades preventivas. *Uam.Es*. Retrieved from http://www.uam.es/personal_pdi/psicologia/victor/SALUD/Bibliog/Gervas%26PerezFernandez2009.pdf

Gestión de comunicación MA. (2017). Distrito Metropolitano de Quito. Retrieved February 5, 2018, from http://www.pichincha.gob.ec/cantones/distrito-metropolitano-de-quito

Giddens, A., & Sutton, P. W. (2014). *Sociología*. Alianza Editorial. Retrieved from https://books.google.com.ec/books?id=JXb2oQEACAAJ&dq=anthony+giddens+sociologia&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwjWsbWB0cfdAhXQzVMKHV6_BY4Q6AEIJjAA

Guyton, A. C., & Hall, J. E. (John E. (2006). *Textbook of medical physiology* (11th ed.). Philadelphia: Elsevier Saunders.

Hák, T., Janoušková, S., & Moldan, B. (2016). Sustainable Development Goals: A need for relevant indicators. *Ecological Indicators*, *60*, 565–573. https://doi.org/10.1016/J.ECOLIND.2015.08.003

Hammersley, M. Y., & Atkinson, P. (1994). *¿QUE ES LA ETNOGRAFIA?* (Paidos, Ed.) (Vol. Métodos de). Barcelona. Retrieved from https://tecnicasmasseroni.files.wordpress.com/2012/02/hammersley-y-atkinson-que-es-la-etnografia.pdf

Harrison, R. M., & Yin, J. (2000). Particulate matter in the atmosphere: which particle properties are important for its effects on health? *Science of The Total Environment*, *249*(1–3), 85–101. https://doi.org/10.1016/S0048-9697(99)00513-6

Hoffmann, B., Luttmann-Gibson, H., Cohen, A., Zanobetti, A., de Souza, C., Foley, C., … Gold, D. R. (2012). Opposing Effects of Particle Pollution, Ozone, and Ambient Temperature on Arterial Blood Pressure. *Environmental Health Perspectives*, *120*(2), 241–246. https://doi.org/10.1289/ehp.1103647

Horne, B. D., Joy, E. A., Hofmann, M. G., Gesteland, P. H., Cannon, J. B., Lefler, J. S., … Pope III, C. A. (2018). Short-term Elevation of Fine Particulate Matter Air Pollution and Acute Lower Respiratory Infection. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*, rccm.201709-1883OC. https://doi.org/10.1164/rccm.201709-1883OC

Hystad, P., Villeneuve, P. J., Goldberg, M. S., Crouse, D. L., & Johnson, K. (2015). Exposure to traffic-related air pollution and the risk of developing breast cancer among women in eight Canadian provinces: A case–control study. *Environment International*, *74*, 240–248. https://doi.org/10.1016/J.ENVINT.2014.09.004

INEC. (2017). Tras las cifras de Quito | Instituto Nacional de Estadística y Censos. Retrieved March 8, 2018, from http://www.ecuadorencifras.gob.ec/tras-las-cifras-de-quito/

Instituto nacional de estadísticas y censos del Ecuador. (2010). *Censo de población y vivienda 2010*. Quito. Retrieved from http://www.ecuadorencifras.gob.ec/wp-content/descargas/Libros/Memorias/memorias_censo_2010.pdf

Int Panis, L., Provost, E. B., Cox, B., Louwies, T., Laeremans, M., Standaert, A., … De Boever, P. (2017). Short-term air pollution exposure decreases lung function: a repeated measures study in healthy

adults. *Environmental Health*, *16*(1), 60. https://doi.org/10.1186/s12940-017-0271-z

Isen, A., Rossin-Slater, M., & Walker, W. R. (2017). Every Breath You Take—Every Dollar You'll Make: The Long-Term Consequences of the Clean Air Act of 1970. *Journal of Political Economy*, *125*(3), 848–902. https://doi.org/10.1086/691465

Jeffreys, H. (2007). The earth; its origin, history and physical constitution. By Harold Jeffreys, M.A., D.Sc. Cambridge (University Press), 1924. 8° Pp. xi + 278. 16/- net. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, *51*(213), 64–65. https://doi.org/10.1002/qj.49705121312

Karagulian, F., Belis, C. A., Dora, C. F. C., Prüss-Ustün, A. M., Bonjour, S., Adair-Rohani, H., & Amann, M. (2015). Contributions to cities' ambient particulate matter (PM): A systematic review of local source contributions at global level. *Atmospheric Environment*, *120*, 475–483. https://doi.org/10.1016/J.ATMOSENV.2015.08.087

Kelly, F. J., & Fussell, J. C. (2015a). Air pollution and public health: emerging hazards and improved understanding of risk. *Environmental Geochemistry and Health*, *37*(4), 631–649. https://doi.org/10.1007/s10653-015-9720-1

Kelly, F. J., & Fussell, J. C. (2015b). Air pollution and public health: emerging hazards and improved understanding of risk. *Environmental Geochemistry and Health*, *37*(4), 631–649. https://doi.org/10.1007/s10653-015-9720-1

Kelly, F. J., & Fussell, J. C. (2015c). Linking ambient particulate matter pollution effects with oxidative biology and immune responses. *Annals of the New York Academy of Sciences*, *1340*(1), 84–94. https://doi.org/10.1111/nyas.12720

Kherde, P., & Mishra, N. (n.d.). Effects of sawdust on peak expiratory flow rate in sawmill workers of central India working in unprotected environment and its correlation with duration of exposure. *Ejmanager.Com*. Retrieved from http://www.ejmanager.com/mnstemps/28/28-1466333650.pdf

Kim, K.-H., Kabir, E., & Kabir, S. (2015). A review on the human health impact of airborne particulate matter. *Environment International*, *74*, 136–143. https://doi.org/10.1016/J.ENVINT.2014.10.005

Kioumourtzoglou, M.-A., Schwartz, J. D., Weisskopf, M. G., Melly, S. J., Wang, Y., Dominici, F., & Zanobetti, A. (2015). Long-term PM2.5 Exposure and Neurological Hospital Admissions in the Northeastern United States. *Environmental Health Perspectives*, *124*(1). https://doi.org/10.1289/ehp.1408973

Köpf, B., Wolf, K., Cyrys, J., Schneider, A., Holle, R., Peters, A., … Karrasch, S. (2017). Association of long-term air pollution with spirometry and lung diffusing capacity: Results from the KORA FF4 study. In *Epidemiology* (Vol. 50, p. PA1573). European Respiratory Society. https://doi.org/10.1183/1393003.congress-2017.PA1573

Krzyzanowski, M., & Cohen, A. (2008). Update of WHO air quality guidelines. *Air Quality, Atmosphere & Health*, *1*(1), 7–13. https://doi.org/10.1007/s11869-008-0008-9

Künzli, N., Kaiser, R., Medina, S., Studnicka, M., Chanel, O., Filliger, P., … Sommer, H. (2000). Public-health impact of outdoor and traffic-related air pollution: a European assessment. *The Lancet*, *356*(9232), 795–801. https://doi.org/10.1016/S0140-6736(00)02653-2

Loughbourugh University of England. (2012). The World According to GaWC 2012. *GaWC*. Retrieved from http://www.lboro.ac.uk/gawc/world2012t.html

Lutgens, F. K., & Tarbuck, E. J. (1995). *The atmosphere : an introduction to meteorology*. Prentice Hall.

Lyons, T. W., Reinhard, C. T., & Planavsky, N. J. (2014). The rise of oxygen in Earth's early ocean and atmosphere. *Nature*, *506*(7488), 307–315. https://doi.org/10.1038/nature13068

Miller, B. G., & Hurley, J. F. (2006). *Comparing estimated risks for air pollution with risks for other health effects*. Retrieved from https://www.iom-world.org/pubs/IOM_TM0601.pdf

Ministerio de salud pública del Ecuador. (2016). Perfil de morbilidad ambulatoria 2016. Retrieved September 13, 2018, from https://public.tableau.com/profile/darwin5248#!/vizhome/Perfildemorbilidadambulatoria2016/Men?publish=yes

Missagia, S., Amaral, C. A. S. do, Jesus, A. S. de, Arbex, M. A., Santos, U. de P., André, C. D. S. de, … Pereira, L. A. A. (2018). Evaluation of peak expiratory flow in adolescents and its association with inhalable particulate in a Brazilian medium-sized city. *Revista Brasileira de Epidemiologia*, *21*(0), e180009. https://doi.org/10.1590/1980-549720180009

Monares R, A. (1999). Modernidad y crisis ambiental: en torno al fundamento de la relación naturaleza-ser humano en occidente. *Revista Austral de Ciencias Sociales* , *1*(3), 31–42. Retrieved from http://mingaonline.uach.cl/pdf/racs/n3/art03.pdf

Morales, E., Garcia-Esteban, R., de la Cruz, O. A., Basterrechea, M., Lertxundi, A., de Dicastillo, M. D. M. L., … Sunyer, J. (2015). Intrauterine and early postnatal exposure to outdoor air pollution and lung function at preschool age. *Thorax*, *70*(1), 64–73. https://doi.org/10.1136/thoraxjnl-2014-205413

Mundial De La Salud, O. (2002). Un Marco Ampliado de DOTS para el Control Eficaz de la Tuberculosis Alto a la Tuberculosis Enfermedades Transmisibles. Retrieved from http://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/67790/WHO_CDS_TB_2002.297_spa.pdf;jsessionid=B5048AD940724E04410AF3B673F09336?sequence=1

Municipio de Quito. (2018). Municipio del Distrito Metropolitano de Quito. Retrieved September 3, 2018, from http://www.quito.gob.ec/

Municipio del distrito metropolitano de Quito. (n.d.). Índice Quiteño de la calidad del aire. Retrieved February 5, 2018, from http://www.quitoambiente.gob.ec/ambiente/index.php/indice-quiteno-de-la-calidad-del-aire#objetivos-del-iqca

Organización mundial de la salud. (1946). Preámbulo de la Constitución de la Asamblea Mundial de la Salud, adoptada por la Conferencia Sanitaria Internacional, Nueva York, 19-22 de junio de 1946; firmada el 22 de julio de 1946 por los representantes de 61 Estados. *Actas Oficiales de La Organización Mundial de La Salud* , (2), 100. Retrieved from http://www.who.int/governance/eb/who_constitution_sp.pdf

Organización Mundial de la Salud. (2005). *Guías de calidad del aire de la OMS relativas al material particulado, el ozono, el dióxido de nitríogeno y el dióxido de azufre. Actualización mundial 2005*. Ginebra. Retrieved from http://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/69478/WHO_SDE_PHE_OEH_06.02_spa.pdf?sequence=1

Pérez, G., Rodríguez-Sanz, M., Domínguez-Berjón, F., Cabeza, E., & Borrell, C. (2014). Indicadores para monitorizar la evolución de la crisis económica y sus efectos en la salud y en las desigualdades en salud. Informe SESPAS 2014. *Gaceta Sanitaria*, *28*, 124–131.

https://doi.org/10.1016/J.GACETA.2014.03.009

Phillips, T. (2010). A Puzzling Collapse of Earth's Upper Atmosphere | Science Mission Directorate. Retrieved September 3, 2018, from https://science.nasa.gov/science-news/science-at-nasa/2010/15jul_thermosphere

Phung, D., Hien, T. T., Linh, H. N., Luong, L. M. T., Morawska, L., Chu, C., … Thai, P. K. (2016). Air pollution and risk of respiratory and cardiovascular hospitalizations in the most populous city in Vietnam. *Science of The Total Environment*, *557–558*, 322–330. https://doi.org/10.1016/J.SCITOTENV.2016.03.070

Pope, C. A., Ezzati, M., & Dockery, D. W. (2009). Fine-Particulate Air Pollution and Life Expectancy in the United States. *New England Journal of Medicine*, *360*(4), 376–386. https://doi.org/10.1056/NEJMsa0805646

Power, M. C., Adar, S. D., Yanosky, J. D., & Weuve, J. (2016). Exposure to air pollution as a potential contributor to cognitive function, cognitive decline, brain imaging, and dementia: A systematic review of epidemiologic research. *NeuroToxicology*, *56*, 235–253. https://doi.org/10.1016/J.NEURO.2016.06.004

Prüss-Üstün, A., Wolf, J. (Jennyfer), Corvalán, C. (Carlos), Bos, R., Neira, M., World Health Organization, & World Health Organization. Department of Public Health, E. and S. D. of H. (2016). *Preventing disease through healthy environments : a global assessment of the burden of disease from environmental risks*.

Quanjer, P. H., Stanojevic, S., Cole, T. J., Baur, X., Hall, G. L., Culver, B. H., … ERS Global Lung Function Initiative, the E. G. L. F. (2012). Multi-ethnic reference values for spirometry for the 3-95-yr age range: the global lung function 2012 equations. *The European Respiratory Journal*, *40*(6), 1324–1343. https://doi.org/10.1183/09031936.00080312

Quito Monthly Temperature weather history. (n.d.). Voodoo Skies. Retrieved from http://voodooskies.com/weather/ecuador/quito/monthly/temperature

Radisic, S., Newbold, K. B., Eyles, J., & Williams, A. (2016). Factors influencing health behaviours in response to the air quality health index: a cross-sectional study in Hamilton, Canada. *Environmental Health Review*, *59*(1), 17–29. https://doi.org/10.5864/d2016-002

Ranft, U., Schikowski, T., Sugiri, D., Krutmann, J., & Krämer, U. (2009). Long-term exposure to traffic-related particulate matter impairs cognitive function in the elderly. *Environmental Research*, *109*(8), 1004–1011. https://doi.org/10.1016/j.envres.2009.08.003

Real Academia de la lengua Española. (2018). DLE:Diccionario de la lengua española - Edición del Tricentenario. Retrieved April 11, 2018, from http://dle.rae.es/

Rekers, J. V. (2012). We're Number Two! Beta Cities and the Cultural Economy. *Environment and Planning A*, *44*(8), 1912–1929. https://doi.org/10.1068/a44511

Riley, J. C. (2005). Estimates of Regional and Global Life Expectancy, 1800-2001. *Population and Development Review*, *31*(3), 537–543. https://doi.org/10.1111/j.1728-4457.2005.00083.x

Ruales Estupiñán, J., Jaramillo, J. B., Bustamante, K., Silvia, P., & Narváez, A. (2017). *Diagnóstico de Salud 2017*. Quito. Retrieved from http://www.quito.gob.ec/documents/Salud/Diagnostico_Salud_DMQ2017.pdf

Samoli, E., Atkinson, R. W., Analitis, A., Fuller, G. W., Green, D. C., Mudway, I., … Kelly, F. J. (2016). Associations of short-term exposure to traffic-related air pollution with cardiovascular and respiratory hospital admissions in London, UK. *Occupational and Environmental Medicine*, *73*(5), 300–307. https://doi.org/10.1136/oemed-2015-103136

Sanyal, A. (n.d.). EFFECT OF AIR POLLUTION ON PEAK EXPIRATORY FLOW IN TAXI DRIVERS AND TRAIN DRIVERS WORKING IN MUMBAI. *Wwjournals.Com*. Retrieved from https://wwjournals.com/index.php/ijsr/article/view/5065

Schultz, E. S., Hallberg, J., Bellander, T., Bergström, A., Bottai, M., Chiesa, F., … Melén, E. (2016). Early-Life Exposure to Traffic-related Air Pollution and Lung Function in Adolescence. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*, *193*(2), 171–177. https://doi.org/10.1164/rccm.201505-0928OC

Schvarstein, L. (2015). Inteligencia social de las organizaciones. *Libros Editorial UNIMAR*, *0*(0). Retrieved from http://www.umariana.edu.co/ojs-editorial/index.php/libroseditorialunimar/article/view/677

Tabah, L. (n.d.). La demografía: pasado y presente. *Estudios Demográficos y Urbanos*. El Colegio de Mexico. https://doi.org/10.2307/40315424

US EPA, O. (n.d.). Particulate Matter (PM) Basics. Retrieved from https://www.epa.gov/pm-pollution/particulate-matter-pm-basics

Viana Rodríguez, M. del M., Querol Carceller, X., Alastuey, A., Salas, R. (Salas R., Universitat de Barcelona. Departament de Geoquímica, P. i P. G., & Institut de Ciències de la Terra Jaume Almera. (2003). *Niveles, composición y origen del material particulado atmosférico en los sectores Norte y Este de la Península Ibérica y Canarias*. Universitat de Barcelona. Retrieved from http://diposit.ub.edu/dspace/handle/2445/34788

Wang, L. (2014). The battle against PM2.5 is on. *National Science Review*, *1*(2), 315–317. https://doi.org/10.1093/nsr/nwu016

WHO. (2007). *60 ASAMBLEA MUNDIAL DE LA SALUD*. Geneva. Retrieved from http://apps.who.int/gb/ebwha/pdf_files/whassa_wha60-rec1/s/whass1_wha60rec1-sp.pdf

WHO. (2018a). DALYs - By country. Retrieved September 13, 2018, from http://apps.who.int/gho/data/node.main.BODHOUSEHOLDAIRDALYS?lang=en

WHO. (2018b). Deaths - By country. Retrieved September 13, 2018, from http://apps.who.int/gho/data/node.main.BODHOUSEHOLDAIRDTHS?lang=en

WHO. (2018c). WHO | Air pollution. Retrieved July 19, 2018, from http://www.who.int/airpollution/en/

WHO | Mortality and burden of disease from ambient air pollution. (2016). *WHO*. Retrieved from http://www.who.int/gho/phe/outdoor_air_pollution/burden/en/

WHO | Mortality from household air pollution. (2016). *WHO*. Retrieved from http://www.who.int/gho/phe/indoor_air_pollution/burden/en/

WHO | Preventing disease through healthy environments: a global assessment of the burden of disease from environmental risks. (2016). *WHO*. Retrieved from http://www.who.int/quantifying_ehimpacts/publications/preventing-disease/en/

World Health Organization. (2006). *Air quality guidelines : global update 2005 : particulate matter,*

ozone, nitrogen dioxide, and sulfur dioxide. World Health Organization. Retrieved from https://books.google.com.ec/books?id=7VbxUdlJE8wC&dq=who+guidelines+for+air+quality&lr=&hl=es&source=gbs_navlinks_s

World Health Organization. (2015). Health and the environment: addressing the health impact of air pollution Report by the Secretariat. Retrieved from http://www.who.int/phe/health_topics/outdoorair/

Zell, H. (2015). Milky Way and Our Location. Retrieved from https://www.nasa.gov/mission_pages/sunearth/news/gallery/galaxy-location.html

Zhang, L., Chen, X., Xue, X., Sun, M., Han, B., Li, C., … Tang, N. (2014). Long-term exposure to high particulate matter pollution and cardiovascular mortality: A 12-year cohort study in four cities in northern China. *Environment International*, *62*, 41–47. https://doi.org/10.1016/J.ENVINT.2013.09.012

17. Anexos

Anexo 1. Consentimiento y Asentimiento Informados para la investigación

Pontificia Universidad Católica del Ecuador

Proyecto de investigación: Relación entre la calidad del aire en la ciudad de Quito y la función respiratoria de personas que residen y trabajan en zonas de alto, medio y bajo nivel de contaminación ambiental y su efecto en el curso de enfermedades respiratorias agudas, además de sus repercusiones para la salud. Mayo-julio de 2018.

PUCE

CONSENTIMIENTO INFORMADO PARA
INFORMANTES PARTICIPANTES ADULTOS

La presente investigación es conducida por: Bryan Alejandro Rosero Capelo

A través del presente instrumento se pretende: **Describir y analizar la relación existente entre la exposición a diferentes niveles de contaminación de aire y los cambios en valores espirométricos de la población expuesta a altos, medianos, y bajos niveles de contaminación de aire en la ciudad de Quito, al igual que sus conocimientos, prácticas y preocupaciones con respecto a la contaminación del aire de la ciudad de Quito, Ecuador.**

Si usted accede a participar en este estudio se le pedirá una entrevista la misma que será grabada en formato de voz. El tiempo que le tomará es de aproximadamente 10 minutos; de igual manera acepta acceder a que se le realice un test de espirometría portátil.

La participación en este proyecto de investigación es estrictamente voluntaria. Le garantizamos la confidencialidad de la información obtenida, la misma que será usada **únicamente** para los fines de investigación y no implica la divulgación de su identidad en ningún caso.

Si tiene alguna duda sobre este proyecto puede hacer preguntas en todo momento que así lo desee.

De igual manera puede retirarse de la investigación en cualquier momento de la sin que esto tenga ninguna implicación que lo perjudique.

Agradecemos su colaboración.

Acepto participar voluntariamente en esta investigación. He sido oportunamente informado (a) que el objetivo de este estudio es estrictamente académico.

Reconozco que la información que yo provea en el curso de esta investigación no será usada para ningún otro propósito que no sea el del estudio, sin mi previo consentimiento.

He sido informado (a) que puedo hacer preguntas en cualquier momento y que puedo retirarme de la investigación el momento que considere que deba hacerlo, sin que esto acarree perjuicio alguno para mi persona.

.....

NOMBRE, FIRMA DEL INFORMANTE Y NÚMERO DE CÉDULA

DATOS DEL INVESTIGADOR
BRYAN ROSERO C., Av. Mariana de Jesús y Panzaleo D116, 171101
0982650337, PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR
bryan.roseroc@yahoo.com

ASENTIMIENTO INFORMADO PARA
INFORMANTES PARTICIPANTES NIÑOS/NIÑAS Y/O ADOLESCENTES.

La presente investigación es conducida por: Bryan Alejandro Rosero Capelo

A través del presente instrumento se pretende: **Describir y analizar la relación existente entre la exposición a diferentes niveles de contaminación de aire y los cambios en valores espirométricos de la población expuesta a altos, medianos, y bajos niveles de contaminación de aire en la ciudad de Quito, al igual que sus conocimientos, prácticas y preocupaciones con respecto a la contaminación del aire de la ciudad de Quito, Ecuador.**

Si usted accede a participar en este estudio se le pedirá una entrevista la misma que será grabada en formato de voz. El tiempo que le tomará es de aproximadamente 10 minutos; de igual manera acepta acceder a que se le realice un test de espirometría portátil.

La participación en este proyecto de investigación es estrictamente voluntaria. Le garantizamos la confidencialidad de la información obtenida, la misma que será usada **únicamente** para los fines de investigación y no implica la divulgación de su identidad en ningún caso.

Si tiene alguna duda sobre este proyecto puede hacer preguntas en todo momento que así lo desee.

De igual manera puede retirarse de la investigación en cualquier momento de la sin que esto tenga ninguna implicación que lo perjudique.

El propósito de esta ficha de asentimiento informado es proveer a MENORES DE EDAD participantes en esta investigación una clara explicación de la naturaleza de esta, así como de su rol en la misma como participantes.

Agradecemos su colaboración.

Acepto participar voluntariamente en esta investigación. He sido oportunamente informado (a) que el objetivo de este estudio es estrictamente académico.

Reconozco que la información que yo provea en el curso de esta investigación no será usada para ningún otro propósito que no sea el del estudio, sin mi previo consentimiento.

He sido informado (a) que puedo hacer preguntas en cualquier momento y que puedo retirarme de la investigación el momento que considere que deba hacerlo, sin que esto acarree perjuicio alguno para mi persona.

.....	.....
NOMBRE Y FIRMA DEL INFORMANTE	**NOMBRE, FIRMA Y NÚMERO DE CÉDULA DEL/LA REPRESENTANTE**

DATOS DEL INVESTIGADOR
BRYAN ROSERO C., Av. Mariana de Jesús y Panzaleo D116, 171101
0982650337, PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR
bryan.roseroc@yahoo.com

Anexo 2. Hoja formato para espirometría

	Código:		
Nombre			
Edad		años	
Sexo	Masculino	Femenino	
Peso		kilogramos	
Talla		metros	
Condición respiratoria de base	Si	No	
Exacerbaciones en el último año	Si	No	
Fumador	Si	No	
Cigarrillos/Semana		unidades	
Horas exposición diarias la contaminación		horas	
Medidas de protección			
Número de problemas respiratorios al año			
Espirometría:	FVC		
(datos a llenar por el investigador)	FEV1		
	FEV1%		
	PEF		
	FEF25		
	FEF75		
	FEF2575		
	FEV1/FVC		

Anexo 2. Modelo de entrevista

Nombre	Edad
Sexo	Ocupación
Zona A-M-B (uso exclusivo del entrevistador)	
Años de residencia en Quito	Años de residencia en la zona

¿Qué conoce usted acerca de la contaminación medio ambiental y específicamente del aire?

¿En qué forma se comporta la contaminación medio ambiental y específicamente del aire en nuestro país y cuál cree usted que sería la ciudad más contaminada del Ecuador?

¿Cree usted que hay alguna relación entre la contaminación del aire y el clima de la ciudad? ¿cree usted que alguno de los dos influye directamente sobre el otro?

¿Qué practicas realiza usted en contra o a favor del medio ambiente?

¿Cree usted que la contaminación afecta su salud y la de todas las personas?

¿Cree usted que con el paso del tiempo la contaminación del aire ha cambiado?

¿Cómo ve usted el problema de contaminación del aire en 20 años?

¿De qué forma se protege usted, o que actitudes toma para mitigar los efectos de la contaminación en Ud. y los que lo rodean?

¿Qué cambios propone para que la contaminación del aire mejore?

¿Qué cambios propone usted con respecto a la salud pública para que esto cambie y se tomen cartas en el asunto?