



FLACSO
ARGENTINA

PROGRAMA DE DESARROLLO HUMANO

MAESTRÍA EN DESARROLLO HUMANO

**Los efectos en la salud de la contaminación atmosférica en la
ciudad de Quito entre 2013 y 2018**

Tesista: Carlos Alberto Velasco Lima

Director/a de Tesis: M.Sc. Pablo Ernesto Tapia Ortega

Tesis para optar por el grado académico de Magister en Desarrollo Humano

Fecha: 19/07/2021

Dedicado:

*A mi esposa, Elenita,
por su comprensión en todo este proceso.*

*Gracias por tu apoyo incondicional,
por impulsarme a ser una mejor persona,
y por Emilia, mi regalo más preciado.*

Agradecimientos:

A mi madre Margarita, por sus palabras de aliento y su continua ayuda.

A mi familia, por demostrar siempre su cariño y su apoyo

A Pablo Tapia, por su gran apoyo en la revisión de esta tesis.

Sus comentarios fueron muy valiosos, para la consolidación del estudio.

A todos mis amigos y amigas, que siempre me envían sus buenas vibras.

Contenido

Lista de abreviaturas.....	1
Introducción	3
1. Presentación del problema de investigación	6
1.1. Justificación	8
1.2. Objetivos.....	9
Objetivos generales	9
Objetivos específicos.....	9
2. Estado del Arte	10
3. Consideraciones Teóricas y Metodológicas	12
3.1. Contaminación atmosférica	12
3.2. Enfermedades del sistema respiratorio	15
Registro Estadístico de Camas y Egresos Hospitalarios	20
3.3. Técnicas de investigación.....	21
4. Estado Situacional	27
4.1. Calidad del aire.....	29
Parámetros de la Calidad del Aire.....	31
Análisis de la Calidad del Aire en Quito.....	33
4.2. Enfermedades respiratorias.....	44
Morbilidad.....	45
Mortalidad	54
4.3. Impuestos ambientales.....	57
4.4. Análisis económico ambiental en base a la morbilidad y mortalidad	68
Años de vida potencialmente perdidos.....	68
Tasa de años de vida potencialmente perdidos	70

Ingresos laborales no percibidos por fallecimiento prematuro	73
Estimación monetaria de la pérdida de productividad	74
Facturación por prestaciones de salud en hospitalización.....	78
Pérdidas económicas totales producidas por enfermedades respiratorias	82
5. Relación y causalidad entre la contaminación atmosférica y las enfermedades respiratorias	85
5.1. Covarianza	86
5.2. Correlación	87
5.3. Causalidad	88
6. Conclusiones	96
7. Recomendaciones.....	99
8. Bibliografía.....	100
9. Anexos.....	106

Índice de Tablas

Tabla 1. Diez principales causas de muerte en general - 2019	16
Tabla 2: Variables, dimensiones e indicadores	23
Tabla 3. Estaciones remotas de la Red Metropolitana de Monitoreo Atmosférico.....	29
Tabla 4. Porcentaje de datos válidos capturados por las estaciones automáticas (%) (2006 – 2018).....	33
Tabla 5. Ingresos y egresos hospitalarios en Quito	47
Tabla 6. Defunciones generales en Quito.....	54
Tabla 7. Cilindraje y Factor de ajuste para el cálculo del IACV	59
Tabla 8. Ejemplo de cálculo del IACV	60
Tabla 9. Vehículos matriculados en la provincia de Pichincha.....	61
Tabla 10. Vehículos nuevos en Quito: Compra en local o Importación directa	62
Tabla 11. Esperanza de vida por sexo y año en la provincia de Pichincha	69
Tabla 12. AVPP en Quito por enfermedades respiratorias	70
Tabla 13. PEA de la ciudad de Quito	71

Tabla 14. Tasa AVPP por 100.000 personas de la PEA de Quito por enfermedades respiratorias	71
Tabla 15. Mediana de los ingresos laborales de la PEA en la ciudad de Quito	73
Tabla 16. Ingresos laborales no percibidos por fallecimiento prematuro de la PEA en Quito - Enfermedades Respiratorias	74
Tabla 17. Egresos por enfermedades respiratorias en Quito	75
Tabla 18. Promedio de días de estada por enfermedades respiratorias en Quito	76
Tabla 19. Ingresos laborales diarios de la PEA en la ciudad de Quito	77
Tabla 20. Estimación monetaria de la pérdida de productividad por encontrarse hospitalizado	77
Tabla 21. Egresos y valores facturados totales en los hospitales del IESS de la ciudad de Quito - Enfermedades Respiratorias.....	80
Tabla 22. Ajuste del valor facturado promedio por egreso usando la inflación.....	81
Tabla 23. Estimación de la facturación total por hospitalizaciones con enfermedades respiratorias	82
Tabla 24. Covarianza entre ingresos diarios y concentraciones diarias de calidad del aire por contaminante	86
Tabla 25. Coeficiente de correlación entre ingresos diarios y concentraciones diarias de calidad del aire por contaminante	88
Tabla 26. Principales resultados del estudio	91
Tabla 27. Pruebas de hipótesis de la causalidad de Granger analizada.....	95

Índice de Gráficos

Gráfico 1. Ubicación geográfica de la ciudad de Quito (2010 – 2020)	28
Gráfico 2. Proyección poblacional del cantón Quito (2010 – 2020).....	28
Gráfico 3. Mapa de Estaciones remotas de la Red Metropolitana de Monitoreo Atmosférico – Zona urbana y rural de la ciudad de Quito	30
Gráfico 4. Mapa de Estaciones remotas de la Red Metropolitana de Monitoreo Atmosférico – Zona urbana de la ciudad de Quito.....	30
Gráfico 5. Promedios anuales de PM10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) por estación	34
Gráfico 6. Promedio anual de PM10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) en la ciudad de Quito	35
Gráfico 7. Promedios anuales de PM2,5 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) por estación	36

Gráfico 8. Promedio anual de PM _{2,5} (μg/m ³) en la ciudad de Quito	37
Gráfico 9. Concentraciones máximas promedio de 24 horas de SO ₂ (μg/m ³) por estación.....	38
Gráfico 10. Promedio anual de SO ₂ (μg/m ³) en la ciudad de Quito	39
Gráfico 11. Concentraciones máximas promedio octohorario de CO (mg/m ³) por estación...	40
Gráfico 12. Promedio de concentraciones máximas octohorarias de CO (mg/m ³) en la ciudad de Quito.....	40
Gráfico 13. Concentraciones máximas promedio octohorario de O ₃ (μg/m ³) por estación.....	41
Gráfico 14. Promedio de concentraciones máximas octohorarias de O ₃ (μg/m ³) en la ciudad de Quito.....	42
Gráfico 15. Promedios anuales de NO ₂ (μg/m ³) por estación.....	43
Gráfico 16. Promedio anual de NO ₂ (μg/m ³) en la ciudad de Quito.....	44
Gráfico 17. Distribución de virus de Influenza (tipo y subtipo) por mes.....	46
Gráfico 18. Ingresos y egresos hospitalarios por enfermedades respiratorias en Quito	47
Gráfico 19. Ingresos por enfermedades respiratorias en Quito - Sector al que pertenece el hospital	48
Gráfico 20. Ingresos por enfermedades respiratorias en Quito - Sexo.....	49
Gráfico 21. Ingresos por enfermedades respiratorias en Quito – Grupos etarios	50
Gráfico 22. Ingresos por enfermedades respiratorias en Quito – Subcapítulos CIE10.....	51
Gráfico 23. Promedio de días de estada por enfermedades respiratorias en Quito	52
Gráfico 24. Tasa de mortalidad hospitalaria por enfermedades respiratorias en Quito	53
Gráfico 25. Muertes por enfermedades respiratorias en Quito – Lugar de ocurrencia	55
Gráfico 26. Muertes por enfermedades respiratorias en Quito – Sexo	55
Gráfico 27. Muertes por enfermedades respiratorias en Quito – Grupos etarios.....	56
Gráfico 28. Muertes por enfermedades respiratorias en Quito – Subcapítulos CIE10	57
Gráfico 29. Recaudación del IACV en Quito	60
Gráfico 30. Vehículos matriculados en la provincia de Pichincha por rangos de antigüedad .	62
Gráfico 31. Vehículos nuevos en Quito: Compra en local o Importación directa, por cilindraje	63
Gráfico 32. Vehículos eléctricos matriculados en Pichincha y nuevos en Quito.....	64
Gráfico 33. Vehículos híbridos matriculados en Pichincha y nuevos en Quito.....	65
Gráfico 34. Promedio anual de NO ₂ (μg/m ³), SO ₂ (μg/m ³) y promedio anual de concentraciones máximas octohorarias de CO (mg/m ³) en la ciudad de Quito.....	66
Gráfico 35. AVPP y Tasa AVPP.....	72
Gráfico 36. Pérdidas económicas totales producidas por enfermedades respiratorias.....	83

Gráfico 37. Pérdidas económicas per-cápita producidas por enfermedades respiratorias	84
Gráfico 38. Comparación entre valores recaudados del IACV y pérdidas económicas totales producidas por enfermedades respiratorias	85

Índice de Anexos

Anexo 1. Capítulo X: Enfermedades del sistema respiratorio según la Clasificación Internacional de Enfermedades décima revisión (CIE-10)	106
Anexo 2. Fuentes y características de los contaminantes comunes o criterio y no convencionales que se pueden encontrar en la atmósfera.....	108
Anexo 3. Límites máximos permitidos por contaminante según NECA	109
Anexo 4. Límites máximos permitidos por contaminante según Guías de calidad del aire de la OMS	109
Anexo 5. Ingresos hospitalarios por enfermedades respiratorias en Quito – Subcapítulos CIE10	110
Anexo 6. Egresos hospitalarios por enfermedades respiratorias en Quito – Subcapítulos CIE10	111
Anexo 7. Mortalidad por enfermedades respiratorias en Quito – Subcapítulos CIE10	112
Anexo 8. Criterios de selección de rezagos - Concentraciones de Conjunta	113
Anexo 9. Criterios de selección de rezagos – Concentraciones de PM10	113
Anexo 10. Criterios de selección de rezagos - Concentraciones de PM2,5	114
Anexo 11. Criterios de selección de rezagos - Concentraciones de SO ₂	114
Anexo 12. Criterios de selección de rezagos - Concentraciones de CO	115
Anexo 13. Criterios de selección de rezagos - Concentraciones de O ₃	115
Anexo 14. Criterios de selección de rezagos - Concentraciones de NO ₂	116
Anexo 15. Test Dickey-Fuller: Ingresos hospitalarios.....	116
Anexo 16. Test Dickey-Fuller y Test de Granger: Concentraciones de PM10 – 7 Rezagos .	117
Anexo 17. Test Dickey-Fuller y Test de Granger: Concentraciones de PM2,5 – 7 Rezagos	118
Anexo 18. Test Dickey-Fuller y Test de Granger: Concentraciones de SO ₂ – 7 Rezagos.....	119
Anexo 19. Test Dickey-Fuller y Test de Granger: Concentraciones de CO – 7 Rezagos	120
Anexo 20. Test Dickey-Fuller y Test de Granger: Concentraciones de O ₃ – 7 Rezagos.....	121
Anexo 21. Test Dickey-Fuller y Test de Granger: Concentraciones de NO ₂ – 7 Rezagos	122

Lista de abreviaturas

- AVPP:** Años de vida potencialmente perdidos
- CIE-10:** Clasificación Internacional de Enfermedades, 10.^a edición
- CO:** Monóxido de carbono
- CORPAIRE:** Corporación para el Mejoramiento del Aire en Quito
- CEPAL:** Comisión Económica para América Latina y el Caribe
- DPA:** División Político – Administrativa
- ENEMDU:** Encuesta Nacional de Empleo, Desempleo y Subempleo
- FLACSO:** Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales
- H0:** Hipótesis nula
- H1:** Hipótesis alternativa
- IACV:** Impuesto ambiental a la contaminación vehicular
- ICE:** Impuesto a los Consumos Especiales
- IESS:** Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social
- INEC:** Instituto Nacional de Estadística y Censos
- IQCA:** Índice quiteño de la calidad del aire
- ISSFA:** Instituto de Seguridad Social de las Fuerzas Armadas del Ecuador
- ISSPOL:** Instituto de Seguridad Social de la Policía Nacional
- IVA:** Impuesto al valor agregado
- MSP:** Ministerio de Salud Pública
- MAE:** Ministerio del Ambiente
- MDMQ:** Municipio del Distrito Metropolitano de Quito
- msnm:** metros sobre el nivel del mar
- NECA:** Norma Ecuatoriana de la Calidad del Aire
- NO₂:** Dióxido de nitrógeno
- ODM:** Objetivos de Desarrollo del Milenio
- ODS:** Objetivos de Desarrollo Sostenible
- OMS:** Organización Mundial de la Salud
- ONU:** Organización de las Naciones Unidas

O₃: Ozono

OPS: Organización Panamericana de la Salud

PEA: Población Económicamente Activa

PM: Material Particulado

PNUD: Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo

PNUMA: Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente

REMMAQ: Red Metropolitana de Monitoreo Atmosférico

SO₂: Dióxido de azufre

SOLCA: Sociedad de Lucha contra el Cáncer

SRI: Servicio de Rentas Internas

Introducción

La preocupación mundial con el tema ambiental ha ido evolucionando de una manera lenta, ya que en el modelo capitalista que ha prevalecido desde la revolución industrial (mediados del siglo XVII) (Fernández, 2006). En un principio los indicadores del desarrollo se centraban solamente en el aspecto económico, planteándose el indicador clásico del crecimiento económico de los países dado por la tasa de crecimiento del PIB y como indicador del desarrollo al PIB per-cápita. Esto denotaba la prevalencia de este modelo económico, en el que se da mucho énfasis a la actividad productiva de industrialización y el crecimiento desmedido de la misma, con la finalidad de aumentar utilidad. Siendo el siglo XX un periodo clave para el incremento de esta actividad, ya que se comienza a utilizar los combustibles fósiles como el principal tipo de energía utilizado por los países industrializados, que es una de las principales causas de la contaminación ambiental.

En las últimas décadas el tema ambiental se ha tornado muy relevante en las investigaciones de desarrollo integral de las sociedades, basadas principalmente por los cambios climáticos que ha experimentado la tierra en estos años (derretimiento de casquetes polares, destrucción de la capa de ozono, etc.). Consecuentemente, la teoría económica ha ido evolucionando y uno de sus principales avances, ha sido el incluir entre sus indicadores y modelos, el tema social y ambiental.

Dentro de este tema, son importantes los estudios referentes a la contaminación atmosférica, muchos de ellos consideraron que desde “inicios de 1950 se observó en los países de América Latina y el Caribe una preocupación por la contaminación del aire. Las universidades y dependencias de los ministerios de salud fueron los organismos que realizaron las primeras mediciones de contaminación en el aire” (Kroc, 1999).

En el caso específico de la ciudad de Quito, según la Secretaría de Ambiente de la Alcaldía de dicha ciudad, desde 1994 se contó con los recursos necesarios que provinieron del Banco Interamericano de Desarrollo, con la finalidad de adquirir los equipos indispensables para el funcionamiento de una Red de Monitoreo Atmosférico y desde 2002 se puso en funcionamiento dicha red. Dentro de la página web de la mencionada Secretaría se exhibe toda la información sobre calidad del aire de la localidad recolectada por la Red de Monitoreo Atmosférico de la

ciudad de Quito¹. A partir de estas estadísticas, se logra obtener el Índice Quiteño de la Calidad del Aire (IQCA), “diseñado para proporcionar información confiable, oportuna y fácilmente entendible sobre los niveles diarios de contaminación del aire” (Municipio del Distrito Metropolitano de Quito, 2017).

Por otro lado, según la Organización Mundial de la Salud (OMS), la contaminación atmosférica es el principal riesgo ambiental para la salud en las América y reconoce:

Que cada año se producen 4,3 millones de defunciones a causa de la exposición a la contaminación doméstica (en interiores) del aire, a los que hay que sumar 3,7 millones de muertes al año asociadas a la contaminación atmosférica (en el exterior), lo que impone un elevado costo a las sociedades. (OMS, 2015)

Con todos estos antecedentes y considerando que la calidad del aire es un tema muy importante para mejorar los niveles de desarrollo humano, se presenta el siguiente estudio que tiene como principal objetivo analizar los efectos en la salud ocasionados por la contaminación atmosférica en Quito, considerando el periodo 2013 – 2018.

En primera instancia, se realizarán algunas consideraciones metodológicas, sobre las cuales se fundamentarán los diferentes métodos de investigación que darán forma al presente análisis. Definiendo las variables que son estudiadas en el presente documento y el tipo de técnicas a usarse. A continuación, se realiza una revisión del fundamento teórico que abordará los principales tópicos a tratarse como la contaminación atmosférica y las enfermedades del sistema respiratorio. La misma sección aborda el estado del arte, donde se indaga sobre los estudios anteriores que se han realizado sobre el tema de investigación y se evalúa el enfoque usado por dichos autores.

Ya entrando en el cuerpo de la investigación, se presenta un estado situacional de la ciudad de Quito, ubicándola en un tiempo y espacio definido. Se continúa con un análisis de la calidad del aire en esta ciudad, considerando los parámetros para evaluarla y realizando un análisis descriptivo de las concentraciones de los contaminantes atmosféricos: PM10, PM25, SO₂, CO, O₃ y NO₂; reportadas en el periodo analizado por las estaciones remotas de la Red

¹ <http://www.quitoambiente.gob.ec/ambiente/index.php/generalidades>

Metropolitana de Monitoreo Atmosférico que son gestionadas por la Secretaría de Ambiente del MDMQ.

Luego, se realiza una revisión de la morbilidad y la mortalidad de las personas que residen en Quito y tuvieron afectaciones al sistema respiratorio. Se continúa, con una revisión de la política impositiva aplicada en la ciudad de Quito para mejorar la calidad del aire, y los posibles efectos derivados de la aplicación de la misma. Esta sección se concluye, con un breve análisis económico ambiental, considerando la mortalidad se obtienen los años potencialmente perdidos y los ingresos laborales no percibidos por fallecimiento prematuro. Así mismo, tomando en cuenta la información de morbilidad y los días promedio de estada en hospitalización, se estiman los valores monetarios de la pérdida de productividad, que valoran los ingresos que no percibiría una persona que no puede acudir a laborar, por permanecer hospitalizada debido a una enfermedad respiratoria.

Para finalizar el estudio, se recurrió al análisis cuantitativo, usando técnicas estadísticas y modelos econométricos, para contrastar la hipótesis de que la contaminación atmosférica influye negativamente en la salud de las personas. Se examina la existencia de una correspondencia entre esas dos variables y se evalúa la presencia de una posible relación de causa – efecto. Todas las secciones del estudio descritas anteriormente, ayudarán generar algunas conclusiones en base a los objetivos planteados.

1. Presentación del problema de investigación

Según Carnicer (2007) la contaminación atmosférica se produce cuando existe la presencia en el aire de sustancias, elementos o partículas que alteran la calidad del aire; esto puede provocar molestias o riesgos a los habitantes de un lugar donde puedan estar expuestos a dichos contaminantes. Al considerar que este problema afecta a la salud de la población a nivel mundial, y que se puede extender a las generaciones futuras, se precisa mencionar que es un problema que afecta al desarrollo humano de los países, cuyo enfoque “considera que la sostenibilidad es una cuestión de equidad distributiva, tanto dentro de cada generación como entre ellas” (PNUD, 2016).

Consecuentemente, también es importante reflexionar sobre el concepto de desarrollo sostenible para alcanzar las metas bosquejadas por el enfoque de las capacidades planteados por Amartya Sen, ya que está relacionado directamente con “la equidad intergeneracional, las libertades de las generaciones futuras y de las presentes” (PNUD, 2016). Además, a partir de 2015 tomó mayor relevancia este concepto debido al compromiso adquirido en la Agenda 2030 de las Naciones Unidas.

Así también, el desarrollo sostenible busca un equilibrio entre el ámbito social, económico y ambiental. Es decir, que las actividades económicas, tengan un menor impacto ambiental y a su vez mejoren el bienestar de las personas. En este contexto, en las principales ciudades latinoamericanas debido a su ritmo de vida, las actividades industriales, los medios de transporte y la utilización de energías provenientes principalmente de combustibles fósiles, generan contaminación atmosférica, y esto incidiría principalmente en la salud de las personas, que es una dimensión muy importante dentro del desarrollo humano.

En el ámbito ecuatoriano, a pesar de no tener graves problemas como en países industrializados, también se sufre los efectos de la contaminación del aire. Según el estudio sobre el “Estado del aire” realizado en conjunto por FLACSO – Ecuador, Ministerio del Ambiente (MAE) y el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) (2008), se evidencia que la mayor parte de los problemas ambientales debido a la calidad del aire se concentran en ciudades grandes como Quito, Guayaquil y Cuenca, debido a que son los principales focos de desarrollo urbano, donde se han asentado las principales industrias; por lo tanto, existe una

grande demanda de energía, cuyo principal pasivo ambiental son los residuos contaminantes que afectan a la atmósfera.

En el mismo estudio se asevera que la principal causa de la contaminación atmosférica es provocada por el incremento de los vehículos y el crecimiento antitécnico del sector industrial, que muchas veces utiliza tecnología antigua; por lo tanto, se supone importante la mejora de la calidad de los combustibles. Además, se consideran otras causas como el impacto de la actividad petrolera en la generación de electricidad por plantas termoeléctricas, la quema de gas natural y los derrames de crudo. También se menciona el problema de las fumigaciones aéreas efectuadas en el sector rural, principalmente en plantaciones de banano en la costa ecuatoriana y otras realizadas por el gobierno de Colombia para combatir el problema de los cultivos de coca que afectan la frontera norte de Ecuador.

Para finalizar, la contaminación mundial está afectando a regiones que tienen una menor huella ambiental, ya que esto ha provocado cambios en el clima, afectando principalmente a Ecuador con inundaciones, temporadas de calor prolongados o heladas, siendo las principales causas de pérdidas en la producción agrícola, estancamiento de las economías locales, afectaciones en la salud y en la vivienda de los pobladores (FLACSO - Ecuador, MAE & PNUMA, 2008).

El Ministerio del Ambiente del Estado ecuatoriano (2010) es muy enfático al mencionar que:

En el país se cuenta con pocas investigaciones sobre los efectos de la contaminación del aire en la salud de las personas, estos temas no han sido incluidos en los programas de desarrollo urbano y no se han llevado a cabo estudios epidemiológicos relacionados con la contaminación del aire.

Además, en el Plan Nacional de la Calidad del Aire (MAE, 2010) se detalla que no se han desarrollado estudios que relacionen el impacto de esta contaminación en el tema social y económico.

Por lo antes expuesto, es un tema muy preocupante como la polución del aire afecta al desarrollo de las personas en Ecuador. No obstante, debido las limitadas fuentes de información obligan a delimitar el estudio a la ciudad que tiene cifras robustas sobre la contaminación del aire como es el Distrito Metropolitano de Quito, capital ecuatoriana. En este contexto, es importante

evaluar el impacto que tiene la contaminación atmosférica de la ciudad de Quito en el período 2013 – 2018 en la salud de las personas, enfocándose principalmente en las enfermedades respiratorias.

1.1. Justificación

La agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible fue aprobada en 2015 por 193 miembros de la Asamblea General de las Naciones Unidas, Ecuador la suscribió y deberá promover políticas a favor de cumplir dicha agenda. El Objetivo 3 de Desarrollo Sustentable establece, “garantizar una vida sana y promover el bienestar para todos en todas las edades” y entre sus metas consta que hasta el 2030 se deben reducir considerablemente los casos de morbilidad y mortalidad causados por la “polución y contaminación del aire” (CEPAL, 2016). Por lo tanto, también es importante diagnosticar el efecto de la contaminación atmosférica en la salud en una de las ciudades principales del Ecuador, como Quito.

El presente proyecto pretende evaluar los efectos de la contaminación del aire de Quito en la salud de las personas, investigando los principales contaminantes atmosféricos y la relación que tienen con las principales patologías de las vías respiratorias. Además, esto ayudará a visualizar el avance que se tiene en temas de políticas públicas para conseguir cumplir el ODS 3. Es importante que se realice un análisis de causalidad para que se logre determinar no solamente la relación entre los problemas de salud con respecto a la contaminación del aire, sino confirmar o descartar la hipótesis de que la contaminación atmosférica prolifera las patologías respiratorias en las personas.

Debido a que el tema de investigación está ligado directamente con los Objetivos del Desarrollo Sostenible, éste aporta con conocimientos puntuales para evaluar una de las aristas del desarrollo humano como es la salud. Además, integrar un tema de coyuntura y un elemento muy importante como el medio ambiente, puede despertar el interés para nuevas investigaciones que pueden derivarse del presente estudio. Es importante destacar, que se cuenta con la información estadística necesaria que viabiliza la investigación.

Luego de revisar la bibliografía relacionada con este tema se pudo constatar que en Quito se han desarrollado estudios focalizados en algunos sectores de la ciudad y direccionado a una muestra de niños situados en centros educativos aledaños. El presente estudio propone realizar

una investigación más amplia, donde se considerará la información de contaminación atmosférica de todos los puntos de la ciudad de Quito que forman parte de la red de monitoreo atmosférico. Además, el estudio está considerando a todos los pacientes cuya residencia está ubicada en el Distrito Metropolitano de Quito y que fueron hospitalizados en las unidades médicas. Es decir, que la información analizada será más amplia; por lo tanto, el espectro de edades se extenderá y ayudará a verificar los grupos etarios más afectados por las enfermedades respiratorias.

1.2. Objetivos

Objetivos generales

- 1.** Analizar los efectos en la salud ocasionados por la contaminación atmosférica en Quito en el periodo 2013 – 2018.
- 2.** Realizar un breve análisis económico ambiental, considerando la morbilidad y mortalidad relacionadas con enfermedades respiratorias en la población quiteña.

Objetivos específicos

- 1.1.** Analizar la incidencia de la contaminación del aire de la ciudad de Quito en las enfermedades respiratorias sufridas por los quiteños.
- 1.2.** Examinar el efecto que tiene en la salud de las personas desagregándola por sexo y grupos etarios, para evaluar a qué segmento de la población le afecta más.
- 2.1.** Calcular los años de vida potencialmente perdidos (AVPP)² por muertes prematuras relacionadas con enfermedades respiratorias.
- 2.2.** Estimar los valores monetarios que la población pudo perder, debido a las muertes prematuras, días que dejaron de trabajar y gastos que debieron enfrentar por tener una afectación respiratoria en su salud.

² “Expresa el número de años que dejan de vivir las personas al momento de morir. La expresión de años dejados de vivir se da en el contexto de un límite de edad y que suele ser el más cercano a la esperanza de vida al nacer de una población. Expresa la mortalidad prematura; es decir, el impacto de la mortalidad en los grupos poblacionales más jóvenes” (Ministerio de Salud Pública de Cuba, 2010, p. 83).

2. Estado del Arte

En el caso ecuatoriano, se puede aseverar que solamente en la ciudad de Quito se ha realizado un seguimiento en cuanto al tema de la polución atmosférica. Páez (2008) realiza una investigación más descriptiva y desde la perspectiva de la ingeniería ambiental, hace una revisión de las políticas adoptadas en la ciudad con respecto a la contaminación del aire y la creación de entidades para el control del mismo. Entre las principales conclusiones tiene que Quito es una ciudad pionera en este seguimiento; además, que el principal factor contaminante es el transporte y propone como principal solución el uso eficiente de energías alternativas y medios de transporte no contaminante como la bicicleta.

Similares estudios se los ha realizado a nivel de Municipio, quienes dan cada año un reporte del índice quiteño de la calidad del aire (IQCA) (Municipio del Distrito Metropolitano de Quito, 2017), que tiene como objetivo “proporcionar información confiable, oportuna y fácilmente entendible sobre los niveles diarios de contaminación del aire”. Su reporte considera los principales contaminantes del aire, descritos con anterioridad (considerados por la OMS), y genera una descripción a nivel de zonas de la ciudad donde los niveles son deseables, aceptables o debe generarse una alerta.

Por otro lado, se han generado estudios más aislados y de carácter académico sobre la implicancia de la contaminación del aire en la salud de las personas, desde la perspectiva biológica donde se ha tratado de identificar las bacterias asociadas con la contaminación atmosférica proveniente de PM10. Según Benavides (2017), no existió una correlación significativa entre la concentración de bacterias en el PM10; no obstante, se pudieron identificar las bacterias conocidas como *A. Aureus*. Sin embargo, se pudo verificar que la concentración de microorganismos es influenciada por otras variables como el clima. Un aspecto muy importante es que se logra confirmar las aseveraciones de la OMS, de que existe una alta correlación positiva del ozono con las PM10.

Para finalizar, se debe mencionar que existen un par de estudios que más se relacionan con la presente tesis; uno de los cuales, es el realizado por Fundación Natura conjuntamente con el Municipio del Distrito Metropolitano de Quito (2000), llamado “Incremento de enfermedades respiratorias en escolares de Quito por contaminación atmosférica de origen vehicular”. El

estudio valoró el impacto de la contaminación ambiental en niños de 8 a 10 años, que acuden a escuelas situadas en zonas de distinto grado de circulación vehicular. Se realizó un seguimiento de 320 niños al azar en 3 escuelas también seleccionadas aleatoriamente, luego se realizaron estudios estadísticos para entablar una causalidad entre la contaminación proveniente de los vehículos y las enfermedades respiratorias. Los principales resultados fueron que existe una relación con el incremento de las infecciones respiratorias.

Por otro lado, Monge (2020) en su estudio titulado “Prevalencia de enfermedades respiratorias y su relación con contaminantes atmosféricos en parroquias del Distrito Metropolitano de Quito”, realiza una evaluación de las correlaciones de las concentraciones de PM_{2,5} y NO₂ con respecto a la prevalencia de enfermedades respiratorias, entre ellas las afectaciones del virus COVID-19, en 2 parroquias de la ciudad de Quito: parroquias Calderón (Carapungo) y Centro Histórico de Quito. El análisis fue considerando datos mensuales y analizando el coeficiente de correlación. Demostrando que la exposición a los contaminantes antes mencionados son un factor importante en la prevalencia de las enfermedades que afectan a las vías respiratorias, y concluye que al existir una alta exposición aumenta la tasa de mortalidad por COVID-19.

Los resultados obtenidos arrojaron que las relaciones directas positivas más altas se dieron en el Centro Histórico en relación a las concentraciones de PM_{2,5} y enfermedades respiratorias correspondientes al año 2020, obteniendo un coeficiente de Pearson de 0,61, en la relación entre la concentración de PM_{2,5} y COVID-19, en Calderón (Carapungo) dio como resultado un coeficiente de Pearson de 0,72. Para la relación entre las concentraciones de NO₂ y COVID-19 los datos arrojados fueron, en Calderón (Carapungo) con un coeficiente de Pearson de 0,78 y en el Centro Histórico con un coeficiente de Pearson de 0,56, en los meses marzo-agosto del año 2020. (Monge, 2020)

Cabe mencionar que ninguna de las investigaciones realizadas para la ciudad de Quito, anteriormente mencionadas, evalúan los efectos que causa la contaminación atmosférica por sexo; fue muy importante incorporarlo en el presente estudio ya que hombres y mujeres presentan diferencias fisiológicas y mentales que pueden maximizar o minimizar las afectaciones en la salud. Al considerar las tasas de morbilidad en Ecuador, según el Instituto

Nacional de Estadística y Censos (INEC)³ se pudo verificar que para el año 2014 la “neumonía, organismo no especificado” (código CIE10: J18), una enfermedad relacionada con las vías respiratorias, fue la segunda causa de morbilidad en hombres; sin embargo, en las mujeres esta misma enfermedad aparece como la quinta causa de morbilidad.

3. Consideraciones Teóricas y Metodológicas

3.1. Contaminación atmosférica

En la revisión bibliográfica, se pudo constatar que existen algunos estudios que abordan el tema de la contaminación atmosférica y tienen una conceptualización muy variada, desde la perspectiva ambiental, ecológica, económica y sanitaria. La preocupación en este tema va de la mano con la evolución de las teorías del desarrollo sostenible.

Según la Organización Mundial de la Salud (OMS): “El aire limpio es uno de los requisitos básicos de la salud y el bienestar humano. Sin embargo, la contaminación atmosférica sigue suponiendo una importante amenaza para la salud en todo el mundo” (2005). Con esto se puede visualizar que este tema ha despertado el interés de las principales organizaciones asociadas a los temas sanitarios. La OMS (2005) menciona que se pueden asociar a la contaminación atmosférica 2 millones de muertes prematuras y alrededor del 50% se ubican en países en desarrollo. Los estudios técnicos, ambientales y de salud de la OMS se han derivado incluso en guías para la calidad del aire, donde se han realizado de manera científica investigaciones para determinar los principales contaminantes del aire y sus efectos en la salud de las personas.

Según la OMS (2005), los principales contaminantes son el material particulado (PM10 tamaño comprendido entre 2,5 y 10 μ ; y, PM 2,5 que es más fino de menos de 2,5 μ), ozono, dióxido de nitrógeno, dióxido de azufre y monóxido de carbono. La Norma Ecuatoriana de la Calidad del Aire y la Guía de la OMS han servido para dar algunos valores con respecto a los niveles permitidos de los componentes anteriormente descritos.

³ Revisar el siguiente enlace: <http://www.ecuadorencifras.gob.ec/vdatos/>

Material particulado: “Está constituido por material sólido o líquido en forma de partículas, con excepción del agua no combinada, presente en la atmósfera. Se designa como PM_{2,5} al material particulado cuyo diámetro aerodinámico es menor a 2,5 micrones. Se designa como PM₁₀ al material particulado de diámetro aerodinámico menor a 10 micrones” (MAE, 2011).

En el caso del material particulado, se lo puede encontrar principalmente en las regiones urbanas, dentro de los países desarrollados sus niveles pueden derivar en problemas de salud muy serios. Inclusive, “las partículas finas, ha sido catalogada como una de las causas de cáncer de pulmón por el Centro Internacional de Investigaciones sobre el Cáncer de la OMS” (OMS, 2015).

Ozono (O₃): es una sustancia gaseosa compuesta por tres átomos de oxígeno, formada al disociarse los dos átomos que componen el gas oxígeno. “Se forma en la atmósfera mediante reacciones fotoquímicas en presencia de luz solar y contaminantes precursores, como los óxidos de nitrógeno (NO_x) y diversos compuestos orgánicos volátiles (COV). Se destruye en reacciones con el NO₂ y se deposita en el suelo” (OMS, 2005).

El ozono al estar en las partes más altas de la atmósfera, es una capa muy importante para contener los rayos ultravioletas del sol. Sin embargo, por el uso de automóviles y las industrias se puede generar artificialmente ozono a partir de reacciones químicas de óxido de nitrógeno. La exposición al ozono en niveles de 160 µg/m³ estaría asociado con:

- “efectos fisiológicos e inflamatorios en los pulmones de adultos jóvenes sanos que hacen ejercicio expuestos durante periodos de 6,6 horas;
- efectos en la salud de los niños (basados en diversos estudios de campamentos de verano en los que los niños estuvieron expuestos a niveles ambientales de ozono);
- aumento estimado de un 3-5% de la mortalidad diaria (basado en los resultados de estudios de series cronológicas diarias)” (OMS, 2005).

Dióxido de azufre (SO₂): “Gas incoloro e irritante formado principalmente por la combustión de combustibles fósiles” (MAE, 2011). Las principales fuentes de contaminación que producen el dióxido de azufre, es la quema de combustibles como gasolinas o carbón. Según los estudios presentados por la OMS (2005) que se realizaron en pacientes asmáticos “que hacían ejercicio indican que algunos de ellos experimentaron cambios en la función pulmonar y los síntomas respiratorios tras periodos de exposición al SO₂ de apenas 10 minutos”.

Dióxido de nitrógeno (NO₂): “Gas de color pardo rojizo, altamente tóxico, que se forma debido a la oxidación del nitrógeno atmosférico que se utiliza en los procesos de combustión en los vehículos y fábricas” (MAE, 2011).

Las principales fuentes son las emisiones de medios de transporte o fuentes de combustión en espacios cerrados, habitualmente están asociados con material particulado. La OMS (2005) menciona que “se ha comprobado en estudios epidemiológicos que los síntomas de bronquitis de los niños asmáticos aumentan en asociación con la concentración anual de NO₂, y que el menor aumento de la función pulmonar en los niños está vinculado a concentraciones elevadas de NO₂ en comunidades ya sometidas a los niveles actuales en el medio ambiente urbano de América del Norte y Europa”.

Monóxido de carbono (CO): “Gas incoloro, inodoro y tóxico producto de la combustión incompleta de combustibles fósiles” (MAE, 2011). Según Rojas, Dueñas, & Sidorovas (2001): La mayoría de las emisiones de monóxido de carbono (CO) provienen del uso de combustibles fósiles en vehículos a motor usados especialmente en el área urbana. Además, otras fuentes de emisión son la generación de calor y energía, algunos procesos industriales y la incineración de desechos. El CO se absorbe por vía respiratoria y es transportado en la sangre, donde se combina con la hemoglobina (Hb) para formar carboxihemoglobina (COHb), lo que causa una menor capacidad para transportar el oxígeno (O₂) necesario para el funcionamiento normal del cuerpo, por lo que puede producir hipoxia tisular⁴.

Al explorar todo este contexto de los principales contaminantes atmosféricos, se puede mencionar que la preocupación de la OMS (2016) se redirecciona a las políticas que tengan los gobiernos sobre este tema, ya que la contaminación del aire no solamente tiene que ver con el tema sanitario, sino también de la eficiencia energética y productiva. En las ciudades, es importante que se desarrollen políticas para el desarrollo del transporte público, incentivos para que se los use antes que a los automóviles privados y que estos sean más amigables con el medioambiente.

⁴ “La hipoxia tisular ocurre cuando la presión de O₂ en los capilares es insuficiente para aportar el O₂ indispensable en las necesidades fisiológicas”. Es decir, que no llega el oxígeno suficiente a los tejidos como para mantener las funciones del cuerpo. (revisar: <https://www.medigraphic.com/pdfs/iner/in-2009/in0941.pdf>)

La principal perspectiva que utiliza la OMS y autores que analizan desde el enfoque médico, como Watt (1995) es la salubridad y lo enlazan con el aspecto ambiental; no obstante, existen otras temáticas que pueden ser consideradas con la contaminación atmosférica, como lo es el tema económico. Desde el enfoque de la economía ambiental, han surgido algunas propuestas que han dado instrumentos para valorar los impactos de la contaminación al medio ambiente. Esta valoración es un conjunto de técnicas y metodologías que permiten medir beneficios o costos derivados del uso de un activo ambiental, de una mejora o daño ambiental; es decir, de las externalidades (un concepto manejado en la microeconomía) (Linares & Romero, 2008).

Considerando esta perspectiva de la microeconomía en 1920, el economista Arthur Pigou propuso la intervención del Estado para regular las externalidades negativas como es la contaminación del aire. Se considera como negativa a una externalidad, cuando los costos sociales son mayores a los privados; en este caso de estudio, se podría ejemplificar cuando un segmento de la población usa automóviles con un alto cilindraje, que usan grandes cantidades de combustibles fósiles, esto genera impacto al aire que es consumido por el resto de la población que no tiene vehículos propios y que no recibe un beneficio directo del uso del automóvil de alto cilindraje. En este ejemplo, el costo social supera por mucho al costo privado de usar un automóvil, ya que las personas que no dispone movilidad propia supera a la que la usa a diario. Las políticas públicas sobre todo las tributarias que buscan reducir o eliminar las externalidades negativas, están fundamentadas en la teoría del impuesto pigouviano que busca internalizar el costo que producen este tipo de externalidades generadas por los agentes económicos. (Almeida, 2014).

3.2. Enfermedades del sistema respiratorio

En el documento denominado “El impacto global de la enfermedad respiratoria”, desarrollado por la Asociación Latinoamericana de Tórax (2017), especifica que “el pulmón es el órgano más vulnerable a la infección y a las lesiones del ambiente externo, debido a la exposición constante a partículas, productos químicos y organismos infecciosos en el aire”. En todo el mundo, se estima que por lo menos mil millones de personas se exponen a varios contaminantes atmosféricos alojados al aire libre.

Según los datos de la OMS, sobre las diez principales causas de muerte en general en el año 2019, representaron el 55% de los 55,4 millones de muertes reportadas en el mundo (ONU, 2020):

Tabla 1. Diez principales causas de muerte en general - 2019

Ranking	Mundial	Países de bajos ingresos	Países ricos
1	La cardiopatía isquémica	Afecciones neonatales (nacimiento, asfixia, trauma al nacer, parto prematuro)	La cardiopatía isquémica
2	Accidente cerebrovascular	Infecciones del sistema respiratorio inferior	Enfermedad de Alzheimer y otras
3	Enfermedad pulmonar obstructiva	La cardiopatía isquémica	Accidente cerebrovascular
4	Infecciones del sistema respiratorio inferior	Accidente cerebrovascular	Cánceres de tráquea y bronquios
5	Afecciones neonatales (nacimiento, asfixia, trauma al nacer, parto prematuro)	Enfermedades diarreicas	Enfermedad pulmonar obstructiva
6	Cánceres de tráquea y bronquios / Enfermedad de Alzheimer y otras	Malaria	Infecciones del sistema respiratorio inferior
7	Enfermedades diarreicas Diabetes melitus	Accidentes de tránsito	Cáncer en el colon y el recto
8	Enfermedades renales	Tuberculosis	Enfermedades renales
9	Diabetes melitus	VIH/SIDA	Enfermedad cardiaca por hipertensión
10	Enfermedades renales	Cirrosis	Diabetes

Fuente: OMS

Elaboración: Carlos Velasco

Como se observa, las enfermedades respiratorias constituyen parte del ranking de 10 las principales causas de muerte, a nivel mundial y desagregado por países de bajos y altos ingresos. Es decir, que constituyen una carga sanitaria alta en el mundo. La Asociación Latinoamericana de Tórax (2017) publica las siguientes cifras mundiales en su estudio⁵:

- Una estimación calcula que 65 millones de personas padecen de enfermedad pulmonar obstructiva crónica de moderada a grave y aproximadamente 3 millones mueren cada año.
- En cuanto al asma, se estima que 334 millones de personas sufren de esta enfermedad crónica, cuya frecuencia más alta es en la infancia, afectando a 14% de los niños en todo el mundo.
- Las infecciones agudas de las vías respiratorias bajas se encontraron entre las tres principales causas de muerte y discapacidad. Se calcula que causa casi 4 millones de muertes al año; además, es la causa principal de muertes entre niños menores de 5 años de edad.

⁵ Revisar: https://www.who.int/gard/publications/The_Global_Impact_of_Respiratory_Disease_ES.pdf

- Las infecciones del tracto respiratorio, causadas por la influenza, son la causa de fallecimiento de 250 a 500 mil personas.
- A pesar de que una de las metas de los ODM fue reducir la prevalencia y mortalidad de tuberculosis, y ahora en los ODS se la pretende eliminar; todavía 10,4 millones de personas desarrollaron tuberculosis y aproximadamente 1,4 millones de personas murieron a causa de esta infección, en el año 2015.
- El cáncer de pulmón es el más letal y común en el mundo, ya que 1,6 millones de personas mueren cada año por esta causa.
- Más de 100 millones de personas sufren de trastornos respiratorios del sueño.
- Millones viven con hipertensión pulmonar.
- Más de 50 millones de personas luchan contra las enfermedades pulmonares ocupacionales.
- “Las enfermedades respiratorias causan más del 10% de todos los años de vida perdidos ajustados por discapacidad (AVAD), una métrica que calcula la cantidad de vida activa y productiva perdida por una condición, superada sólo por las enfermedades cardiovasculares (incluyendo los accidentes cerebrovasculares)” (Asociación Latinoamericana de Tórax, 2017).

En el caso ecuatoriano, los egresos hospitalarios por enfermedades del sistema respiratorio (códigos CIE-10: J00-J99) reportados por el INEC en el año 2019 ascienden a 87.883, que representan el 7,4% de total de egresos a nivel nacional, ocupando el quinto lugar en el ranking de morbilidades más recurrentes por capítulos del CIE-10. A nivel nacional, la hospitalización por esta enfermedad tiene un promedio de 5,4 días de estada, lo que le ubica en el onceavo lugar de este ranking.

Por otro lado, el MSP es la entidad que ejerce como autoridad sanitaria a nivel nacional y cuenta con un Sistema Integrado de Vigilancia Epidemiológica (SIVE), cuyo objetivo es alertar de manera temprana y oportuna potenciales eventos epidémicos. Este sistema, recoge información de las principales enfermedades respiratorias, provenientes de todos los subsistemas de salud del país y sirve de base para realizar algunos informes epidemiológicos. En el caso de enfermedades respiratorias, se pudo verificar que entre las semanas epidemiológicas 1 a la 50 del año 2019 se reportaron 124.433 casos de neumonía a nivel nacional, esta cifra no solamente considera pacientes atendidos en el servicio de hospitalización (egresos), sino también

atenciones brindadas en consulta externa y emergencia. Los grupos de edad más afectados son los niños y niñas entre 1 y 4 años (34.659 casos), seguido de las personas con 66 años y más (27.498 casos). La provincia de Pichincha cuenta con el mayor número con 36.896 casos. (MSP, 2020).

La influenza es otra de las enfermedades que más afectan a las vías respiratorias, y para evaluar la situación del país respecto a esta patología, el MSP realiza un informe de cierre del brote estacional de la influenza (2020). En el período comprendido entre la semana epidemiológica 45 del año 2018 (4 de noviembre, 2018) a la 15 del año 2019 (13 de abril, 2019) se tuvo una gravedad moderada – baja de esta enfermedad, con los siguientes resultados más relevantes:

- Predominó el virus tipo A (H3N2), una co-circulación baja del tipo influenza B y seguida de A(H1N1) pdm09.
- Los grupos etarios con mayor afectación fueron los niños de 1 a 4 años y las personas de 15 a 54 años.
- Existieron 2.675 casos de infección respiratoria aguda, de los cuales 365 casos fueron confirmados para influenza: 296 por la Influenza A (H3N2), 45 con influenza tipo B y 24 de influenza A (H1N1) pdm09. Así mismo, 49 de los pacientes tuvieron que ser internados en el servicio de terapia intensiva y 10 fallecieron.

Como se mencionó antes, uno de los Objetivos de Desarrollo Sostenible es la eliminación de la tuberculosis. Sin embargo, según el MSP existe una tendencia a incrementarse con un mínimo de 4.903 casos en el año 2014 y un máximo de 5.960 en el año 2018 y por el contrario los casos antes tratados han decrecido de 663 casos en el año 2012 a 134 casos en el 2018. Las provincias con mayor incidencia de tuberculosis son Guayas con 3.354 casos (55,03%), en segundo lugar El Oro con 444 casos (7,28%) y en tercer lugar Los Ríos con 367 casos (6,02%); siendo una de las principales causas la existencia de poblaciones vulnerables como personas con bajos recursos económicos, pacientes con VIH, personas con diabetes, etc. En cuanto a los grupos etarios, se observa que existe una mayor afectación en las edades de 25 a 34 años con 1.523 casos (25%), seguido de personas con edades entre 15 a 24 años 1.252 casos (20.54%) y en tercer lugar el grupo de edades comprendidas entre 35 a 44 años con 1.027 casos (16.85%). Los hombres tienen un predominio de esta enfermedad, con una razón de 2,40 hombres por cada mujer (MSP, 2019).

En estudios más específicos como el desarrollado por Chicaiza, Henríquez, Ortiz, Douce, y Corral (2018), mencionan que entre 2011 y 2015 se observaron 14,84 millones de casos de enfermedades respiratorias agudas, de los cuales 17.757 personas fallecieron es decir un 0,12% del total de casos. De esas muertes notificadas, el 97,2% correspondieron a diagnósticos de influenza o neumonía (códigos CIE-10: J09-J18). Las tasas de mortalidad más altas se registraron en los grupos etarios menores de 5 años y mayores a 60 años. Hay que considerar que en el año 2003, las muertes por influenza y neumonía en niños menores de 5 años fueron los más altos en América Latina (14,4%).

Para evitar esta situación, nueva evidencia científica recomienda el uso de vacunas en regiones tropicales como las de Ecuador; según reportes oficiales, en este territorio se ha administrado desde 2007 de forma regular las siguientes: vacuna contra la influenza estacional, vacuna antineumocócica conjugada y vacuna pentavalente (DPT-HepB-Hib). No obstante, la cobertura de vacunas ha disminuido desde 2014 hasta 2017 en todos los grupos de edad; por ejemplo:

En niños de 6 a 11 meses se redujo del 79% en el período 2014 – 2015 al 46% en el período 2016 – 2017. Para los niños de 1 a 3 años, la cobertura se redujo del 93 al 65% y en las mujeres embarazadas bajó del 72 al 43%. En personas mayores de 65 años, se redujo del 100% de cobertura en 2014 – 2015 al 82% en el período 2015 – 2016. (Chicaiza, Henríquez, Ortiz, Douce, & Corral, 2018)

Para finalizar esta sección, es importante mencionar que dentro del presente estudio se considerará a las enfermedades respiratorias que se las catalogan dentro del “*Capítulo X: Enfermedades del Sistema Respiratorio*” según la Clasificación Internacional de Enfermedades décima revisión (CIE-10):

1. (J00-J06) Infecciones agudas de las vías respiratorias superiores
2. (J09-19) Gripe y Neumonía
3. (J20-J22) Enfermedades respiratorias inferiores agudas
4. (J30-J39) Otras enfermedades de las vías respiratorias superiores
5. (J40-J47) Enfermedades respiratorias inferiores crónicas
6. (J60-J70) Enfermedades del pulmón debidas a agentes externos

7. (J80-J84) Otras enfermedades respiratorias principalmente afectando al intersticio
8. (J85-J86) Condiciones supurativas y necróticas del tracto respiratorio inferior
9. (J90-J94) Otras enfermedades de la pleura
10. (J95-J99) Otras enfermedades del sistema respiratorio

Registro Estadístico de Camas y Egresos Hospitalarios

El Registro Estadístico de Camas y Egresos Hospitalarios está a cargo del INEC y tiene como objetivo:

Producir información estadística, sobre la morbilidad hospitalaria y sus características, con los datos básicos que proporcionan los establecimientos de salud con internación hospitalaria a nivel nacional. Suministrar datos sobre la utilización de camas hospitalarias de dotación normal y camas disponibles con el apoyo de los establecimientos de salud con internación hospitalaria del país (INEC, 2020).

Esta información tiene una operación estadística basada en registros administrativos; es decir, que se solicita a cada uno de los hospitales que forman parte de la Red Pública Integral de Salud (RPIS) y la Red Complementaria de Salud (prestadores privados con y sin fines de lucro), que disponen del servicio de hospitalización y camas censables⁶ para acoger a los pacientes que requieren estar internados, bajo observación médica por cierta patología.

Para el presente estudio, se utilizará solamente la información de egresos hospitalarios, que tiene desagregación a nivel nacional, provincial, cantonal y parroquial; lo que facilita a identificar a los pacientes residentes en la ciudad de Quito que ingresaron o egresaron de un hospital.

Los campos que se utilizarán de esta información, corresponden a:

⁶ El Reglamento Sustitutivo No. 1032 firmado el 31 de octubre de 2011 y publicado el 15 de diciembre de 2011 en el Registro Oficial No. 597, en el artículo 30 se especifica lo que es una cama censable y no censable:

j) Cama censable.- Es aquella instalada para uso regular de pacientes hospitalizados en los servicios de internación. Cuenta con recursos humanos, ambiente de infraestructura, equipo e insumos asignados para la atención médica. El servicio de admisión y estadística mantiene el registro de ingresos, egresos y distribución de los servicios diferenciados y no diferenciados. Genera egresos hospitalarios.

- Causa de Egreso que está catalogada según CIE-10; por lo tanto, se filtrará solamente las enfermedades englobadas en el Capítulo X: Enfermedades del sistema respiratorio.
- Condición del egreso, que responde a las condiciones en las que el paciente sale del hospital: Alta; Fallecido en 48 horas y más; y, Fallecido en menos de 48 horas. El egreso por alta médica se da cuando el alta es definitiva o transitoria, se traslada a otra especialidad o establecimiento, u otras causas como retiro voluntario o fuga.
- Sector al que pertenece el hospital: público, privado con y sin fines de lucro.
- Sexo del paciente: hombre o mujer.
- Grupo etario, la agrupación de edades se la hace de acuerdo al ciclo de vida:
 - Menor de 1 año
 - 1 - 4 años
 - 5 - 9 años
 - 10 - 14 años
 - 15 - 19 años
 - 20 - 39 años
 - 40 - 64 años
 - Mayor igual a 65 años
- Los días de estada que son el número de días que permanece un paciente en el hospital, que se calcula considerando la fecha de ingreso y la fecha de egreso.

3.3. Técnicas de investigación

El presente proyecto ha definido como su principal objetivo el identificar el impacto de la contaminación del aire de Quito en la salud de las personas y como una segunda instancia, realizar un breve análisis económico ambiental, considerando la morbilidad y mortalidad relacionadas con enfermedades respiratorias. Hay que considerar que según Sánchez, Valdés, y Ostro: “en cualquier proyecto de mejoramiento ambiental, la estimación de los beneficios es un ejercicio de enorme complejidad por la incertidumbre que hay en cada una de sus etapas, bastante mayor que la existente en las estimaciones de los costos del proyecto” (1998).

En base a los objetivos, el estudio se plantea las siguientes hipótesis:

- La contaminación atmosférica de la ciudad de Quito tiene una relación directa y de causalidad con las enfermedades respiratorias de la población que reside en dicha ciudad.
- Los costos sociales de la aplicación de una política económica – ambiental a favor de la calidad del aire en Quito, es menor a los costos que enfrentaría la población por tener afectaciones a las vías respiratorias.

Consecuentemente, se ha decidido usar una investigación con diseño explicativo, que trate de relacionar dos variables principales como son la contaminación atmosférica y la salud de las personas. Se ha considerado un estudio que involucre variables cuantitativas para que, mediante el uso de métodos estadísticos, se puedan obtener resultados que ayuden a cumplir los objetivos anteriormente mencionados. Debido a que se quiere generar un estudio de impacto o causalidad, es importante que se elijan correctamente las dimensiones e indicadores que ayudarían con la resolución del problema investigativo.

Se debe considerar que también es importante el tipo de información que se dispone; por lo tanto, dentro de la variable contaminación atmosférica, se considerará solamente la dimensión de la contaminación en exteriores que es registrada por la Secretaría de Ambiente del Municipio del Distrito Metropolitano de Quito (MDMQ), a través de la Red Metropolitana de Monitoreo Atmosférico (REMMAQ). Dentro de esta dimensión, se puede evaluar los niveles de material particulado (PM10 tamaño comprendido entre 2,5 y 10 μ y PM 2,5 que es más fino de menos de 2,5 μ), ozono, dióxido de nitrógeno, dióxido de azufre y monóxido de carbono, que son monitoreados de manera diaria (Municipio del Distrito Metropolitano de Quito, 2017). Cada uno de estos contaminantes tienen su propia forma de ser contabilizados y sus propios rangos de concentración, los cuales son llevados a una escala lineal numérica que da como resultado el Índice Quiteño de la Calidad del Aire (IQCA).

La segunda variable que funcionará como dependiente, es la que corresponde a la salud de las personas, es muy importante que se consideren aquellas enfermedades que son más propensas a tener una relación directa con la contaminación del aire. Según estudios de impacto con respecto a este tema, como el desarrollado por Sánchez, Valdés y Ostro (1998) se considerarían solamente las enfermedades respiratorias. Por lo tanto, la primera dimensión a ser evaluada serían aquellas correspondientes a las patologías respiratorias, como indicadores se considerará la morbilidad registrada en personas cuya residencia está en Quito y fueron hospitalizadas por

un problema de salud, y la mortalidad causada por estas enfermedades. A continuación, se puede visualizar en la Tabla 2, un resumen de las variables, dimensiones e indicadores pretendidos para usarse en la investigación:

Tabla 2: Variables, dimensiones e indicadores

VARIABLE	DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN
Contaminación atmosférica	Nivel de Contaminación	Material Particulado (PM)	Índice de Correlación de Pearson y Test de Causalidad de Granger entre el nivel de Contaminación y las atenciones por enfermedades respiratorias.
		Ozono (O ₃)	
		Dióxido de nitrógeno (NO ₂)	
		Dióxido de azufre (SO ₂)	
		Monóxido de carbono (CO)	
Salud de las personas	Enfermedades respiratorias	Morbilidad en Hospitalización	
		Mortalidad	

Elaboración: Carlos Velasco

Como se ha reiterado varias veces, el propósito del estudio es tratar de hallar una relación entre la contaminación atmosférica y la salud de las personas. Por lo tanto, la variable dependiente será la salud de las personas y la variable independiente la contaminación del aire en Quito. Entre los principales métodos estadísticos a usarse están:

- Covarianza, es una medida estadística que mide la variabilidad entre dos variables cuantitativas, según González (2006) este indicador puede tener las siguientes interpretaciones: Cuando la covarianza es mayor a cero (covarianza > 0) las dos variables crecen o decrecen a la vez; en cambio, cuando el indicador es menor a cero (covarianza < 0) una variable crece, la otra tiene tendencia a decrecer (nube de puntos decreciente). Por el contrario, si es igual a cero (covarianza = 0) los puntos se reparten con igual intensidad alrededor de las medias; es decir, que no existe una relación lineal.
- Índice de correlación de Pearson, que utiliza datos cuantitativos para evaluar si existe una relación lineal entre dos o más variables. En este caso se podrá usar los niveles de contaminación del aire o el Índice Quiteño de Calidad de Aire con la cantidad de personas que se han atendido en las unidades médicas por tener alguna enfermedad respiratoria. Dado que para el índice de correlación de Pearson existe un supuesto fuerte de que debe existir una relación lineal entre las variables estudiadas (Restrepo, 2007), es importante que se evalúe de manera gráfica y conjuntamente con la covarianza la existencia de dicha relación.

Cuando no se cumple con el supuesto de la preexistencia de una relación lineal entre las variables, se utilizan métodos no paramétricos para el cálculo de correlación, estos no consideran la distribución probabilística. Los dos principales que se considerarán en este estudio serán: el coeficiente de correlación de rangos de Spearman y el coeficiente de contingencia. En el primer caso el método de Spearman requiere que ambas variables a evaluarse estén medidas en escala ordinal o se las pueda ordenar en rangos; es decir:

Se considera una variable y se asigna el rango 1 al valor más pequeño, 2 al siguiente valor más pequeño y así sucesivamente hasta llegar al rango n que le corresponde a la observación con el valor más alto. Luego se repite el procedimiento para la otra variable. (Camacho-Sandoval, 2008)

Debido a la naturaleza de la información sería posible ordenar la información de contaminación atmosférica y atenciones a pacientes con enfermedades respiratorias, y asignarles un rango.

Sin embargo, en caso de que los valores obtenidos no sean los más óptimos y no cumplan con el modelo, se podrá utilizar el coeficiente de contingencia, que mide la relación entre dos variables cuya la información se encuentra en la escala nominal. “No requiere que se presuponga continuidad para las varias categorías, ni que las series estén ordenadas” (Ardila, 1966). Cualquiera de los métodos seleccionados contará con la información del nivel de significancia de la cifra obtenida, para evaluar la pertinencia y coherencia de los valores generados al momento de sacar conclusiones.

- No obstante, hay que considerar que la correlación no necesariamente demuestra la existencia de causalidad; por lo tanto, será necesario otro tipo de análisis para evaluar si existe la influencia de una variable con respecto a la otra. La prueba de causalidad de Granger evalúa las series de tiempo estacionarias, para indicar si una variable causa efectos sobre otra o viceversa; considerando el tiempo que podría influenciar dicha variable, al parametrizar los rezagos del modelo a generarse.

El presente estudio tiene como principal propósito, hallar una relación entre la contaminación atmosférica y la salud de las personas, y se utilizará una investigación con diseño explicativo

de tipo cuantitativo. Debido a lo planteado en los objetivos, en el estudio se aplicará el método cuantitativo para evaluar la hipótesis de que existe una relación de causalidad entre las enfermedades respiratorias con la contaminación del aire en Quito. Se escogió este tipo de metodología, ya que es posible obtener información estadística que evalúa la contaminación, y además, registros administrativos que recopilan cifras sobre atenciones en unidades médicas de Quito para contener morbilidades respiratorias.

Se seleccionó a la recolección de series estadísticas como técnica de recolección de datos; y, debido a que la información ya se la ha recopilado por fuentes oficiales, los tipos de datos son secundarios; por lo tanto, no existe la necesidad de generar una encuesta o entrevista. Como técnica de análisis de datos se seleccionó el análisis estadístico que ayuda a comprender de una mejor manera la información recopilada.

Para Cohen y Piovani (2008): “la investigación cuantitativa se define como aquella que permite la medición de variables en personas o grupos y que resulta en datos numéricos sujetos a análisis estadístico”. Consecuentemente, en un principio se piensa utilizar como principal instrumento la estadística descriptiva, generando tablas y gráficos que ayuden a visualizar la evolución de la contaminación en Quito, generalidades de la salud en las personas y la introducción de impuestos ambientales para reducir la contaminación atmosférica.

Se utilizarán otros instrumentos estadísticos más complejos como son el Índice de correlación de Pearson y el test de causalidad de Granger. El índice de correlación utiliza datos cuantitativos para evaluar si existe una relación lineal entre dos o más variables; además, este coeficiente ayuda a evaluar el grado de ajuste (Díaz, 2014). En el presente estudio se podrán utilizar los niveles de contaminación del aire frente a la cantidad de personas que se han atendido en las unidades médicas por tener alguna enfermedad respiratoria.

No obstante, como mencionan varios autores entre ellos Montero (2013): “la existencia de una correlación entre dos variables no implica causalidad, es decir que una variable se correlacione con otra no implica siempre que una de ellas sea la causa de las alteraciones en los valores de otra”. Por lo tanto, es importante utilizar una técnica estadística como el test de Granger para evaluar la causalidad entre las variables antes mencionadas. En la teoría probabilística la causalidad se fundamenta en la idea de que un evento puede causar un efecto en el tiempo; es decir, “si una serie de tiempo causa a otra, el conocimiento del primer proceso ayudaría a

predecir los valores futuros del otro después de que hayan sido tomado en cuenta las influencias de otras variables” (Rodríguez, 2011).

Granger, un economista británico, utilizó el análisis espectral de series de tiempo para desarrollar pruebas de causalidad para el caso de dos variables, “mostró que el mecanismo de retroalimentación puede ser descompuesto en dos relaciones causales y que el espectro cruzado puede ser considerado como la suma de dos espectros cruzados, cada uno estrechamente vinculado con una de las causalidades” (Rodríguez, 2011). Esta prueba utiliza series de tiempo estacionarias, es importante que se cumpla esta condición para correr el modelo, se puede evaluar los efectos que tienen los niveles de contaminación de uno o varios periodos anteriores (rezagos) sobre la salud actual de las personas. Hay que considerar que al utilizar un modelo econométrico se definen supuestos fuertes y las variables a ser evaluadas en este caso la contaminación ambiental y la salud de las personas, específicamente la prevalencia de enfermedades respiratorias; en este caso no se considerarán el resto de factores que puedan influenciar en la salud de los habitantes de Quito y se pondrá el supuesto fuerte de que el resto de variables se mantienen constantes.

A pesar de usar fuentes secundarias de información, “las investigaciones comúnmente llamadas cuantitativas (aquí estándar) requieren de diseños más estructurados: por sus características y por su naturaleza” (Marradi, Archendi, & Piovani, 2011). Por lo tanto, es importante mencionar a breves rasgos como se va a utilizar la metodología anteriormente descrita en el estudio propuesto.

Como se señaló dentro de la revisión bibliográfica, se han realizado algunas investigaciones similares a la propuesta pero que se han destinado a ciertos segmentos de la población como son los niños, o desde el punto de vista biológico; pero no se generó una evaluación más completa sobre el impacto de la contaminación del aire de Quito en la salud de las personas. Sin embargo, también existen limitaciones en las fuentes de información, entonces se decidió limitar espacial y temporalmente el estudio.

Con la revisión previa de las estadísticas, se pudo constatar que la serie histórica a evaluar será la que corresponde a los años comprendidos entre 2013 y 2018. Además, debido a las limitantes en la información en el área salud, solamente se considerarán a aquellas personas atendidas en

establecimientos de salud ubicados en la ciudad de Quito pertenecientes al Seguro General de Salud Individual y Familiar del Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social.

Dentro de los principales contaminantes a evaluarse se considerarán:

- el material particulado (PM10 tamaño comprendido entre 2,5 y 10 μ y PM 2,5 que es más fino de menos de 2,5 μ)
- ozono
- dióxido de nitrógeno
- dióxido de azufre
- monóxido de carbono

Para analizar la afectación en la salud de las personas se usará el número de egresos de personas domiciliadas en la ciudad de Quito que fueron hospitalizadas por presentar patologías respiratorias. Para caracterizar a dichas patologías, se seleccionaron todos los sub-capítulos pertenecientes al Capítulo X: Enfermedades del sistema respiratorio según la Clasificación Internacional de Enfermedades décima revisión (CIE-10).

Los datos de contaminación y las hospitalizaciones de dichos pacientes, cuentan con mediciones diarias, y servirán para estimar el coeficiente de correlación y la prueba de causalidad de Granger. En cuanto al test de Granger, es importante mencionar que se requiere de una serie de tiempo robusta y cuyos datos cuenten con estacionariedad. Así mismo, se puede utilizar la información para verificar en un periodo de tiempo determinado, si la contaminación de un periodo anterior influyó en la afectación o recurrencia de las enfermedades respiratorias en los pacientes que residen en la ciudad de Quito.

4. Estado Situacional

El Distrito Metropolitano de Quito, es un cantón de la provincia de Pichincha y la capital de la República de Ecuador; y en cuya división política administrativa consta de 32 parroquias urbanas y 33 rurales. Se ubica en la región natural conocida como Sierra, en el centro norte del país y a una altura de 2.850 metros sobre el nivel del mar.

Gráfico 1. Ubicación geográfica de la ciudad de Quito (2010 – 2020)

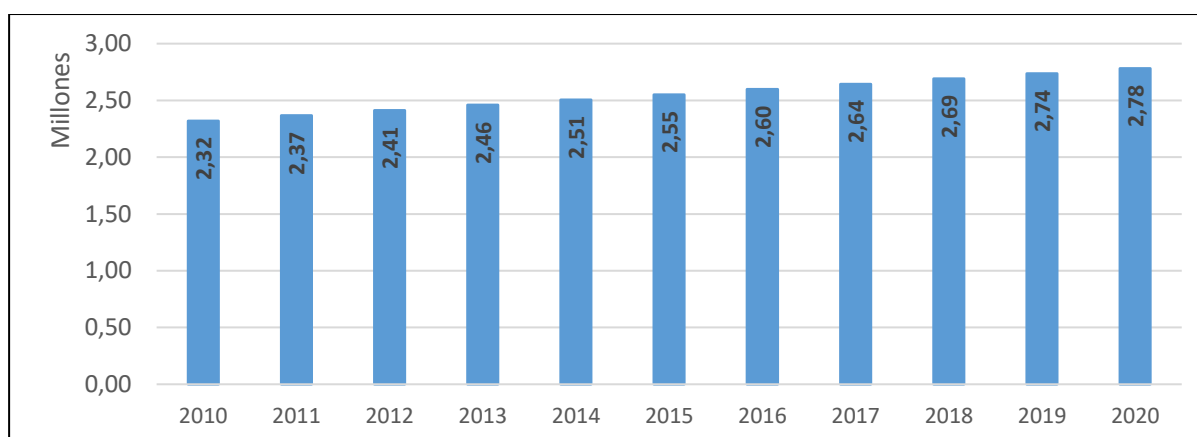


Fuente: Proyecto Mapamundi⁷

Elaboración: Proyecto Mapamundi

En el Gráfico 2 se puede observar la proyección poblacional realizada por el INEC considerando el Censo de Población y Vivienda del año 2010 en el cantón Quito, que es creciente y tiene en promedio un crecimiento de 1,8% anual. En el año 2018, pasa a ser la ciudad con la mayor cantidad de población de Ecuador, superando a Guayaquil en alrededor de 18 mil habitantes en dicho año y en casi 58 mil habitantes en el año 2020.

Gráfico 2. Proyección poblacional del cantón Quito (2010 – 2020)



Fuente: INEC

Elaboración: Carlos Velasco

⁷ Revisar: <https://proyectomapamundi.com/america-del-sur/ecuador/>

4.1. Calidad del aire

Quito es la primera ciudad del Ecuador, en poseer una red automatizada de monitoreo atmosférico que se puso en funcionamiento desde el año 2002. Como dato adicional, la segunda ciudad ecuatoriana que posee una red de monitoreo de la calidad del aire es Cuenca que opera desde el año 2008.

En Quito, “desde el 1 de enero del 2004 hasta 31 de octubre del 2010, la REMMAQ formó parte de CORPAIRE. Actualmente la REMMAQ forma parte de la Secretaría de Ambiente del Municipio de Quito desde el 01 de noviembre del 2010”⁸.

Según la página web de la REMMAQ (2020), se puede verificar que la ciudad cuenta con 9 estaciones remotas de monitoreo, que se detallan en la Tabla 3.

Tabla 3. Estaciones remotas de la Red Metropolitana de Monitoreo Atmosférico

Código	Nombre	Altitud(msnm)	Dirección
COT	Cotocollao	2.770	Museo Cotocollao (Santa Teresa #70-121 entre Ignacio Loyola y Alfonso del Hierro)
CAR	Carapungo	2.851	Edificio Andinatel Carapungo (Super Manzana B, el Verjel S/N)
BEL	Belisario	2.835	Terraza del Edificio Administrativo del Colegio San Gabriel (Av. America 3541)
JIP	Jipijapa	2.781	Patio de la Dirección Metropolitana Ambiental (Río Coca 1731 e Isla Fernandina)
CAM	El Camal	2.840	Terraza del Hospital Patronato Municipal San José del Sur (Adrián Navarro 1660 e Hinostroza)
CEN	Centro	2.820	Terraza de la Radio Municipal (ex Hogar Javir, García Moreno 751 y Sucre)
GUA	Guamaní	2.887	Guamaní: Unidad Educativa Municipal "Julio E. Moreno"
TUM	Tumbaco	2.331	Terraza de Andinatel (Gaspar de Carvajal)
LCH	Los Chillos	2.453	Terraza de Andinatel (Av. Ilaló, Vía a El Tingo)

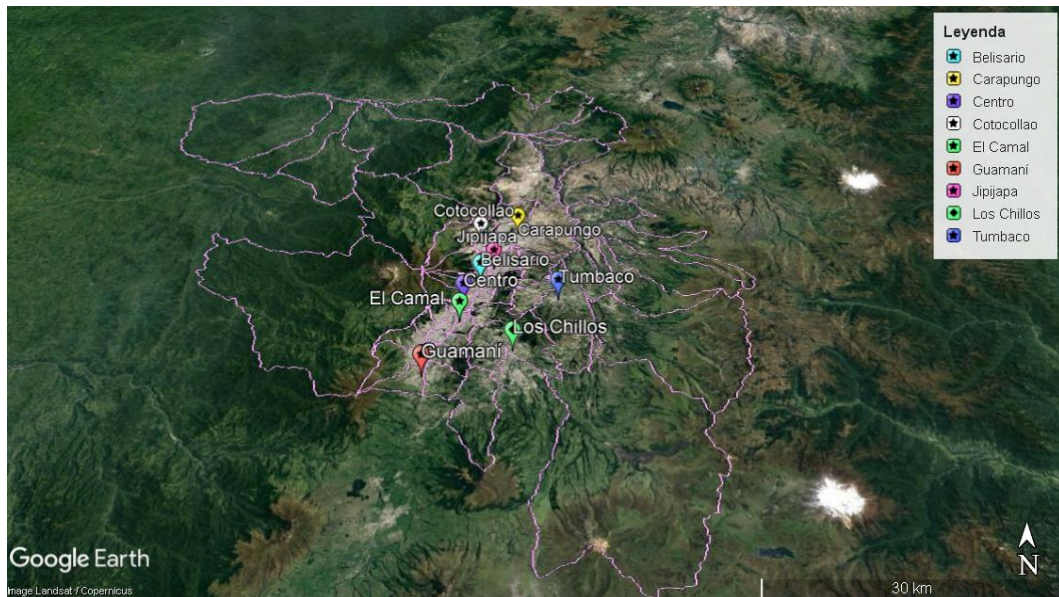
Fuente: Secretaría de Ambiente del MDMQ

Elaboración: Secretaría de Ambiente del MDMQ

Al ubicar en un mapa las coordenadas geográficas de cada una de las estaciones remotas de la REMMAQ, se puede observar que las estaciones se encuentran distribuidas en la zona urbana del cantón Quito. Que es donde se encuentra la mayor densidad poblacional de la ciudad, como se puede apreciar en el Gráfico 3 la zona donde se observa un color blanquecino corresponde a la mayor parte de construcciones dedicadas a vivienda, industrias, oficinas, vías de tránsito, etc. A diferencia de las zonas rurales, que tienen un color más verdoso y donde la densidad poblacional es más baja.

⁸ Revisar: <http://www.quitoambiente.gob.ec/ambiente/index.php/politicas-y-planeacion-ambiental/red-de-monitoreo>

Gráfico 3. Mapa de Estaciones remotas de la Red Metropolitana de Monitoreo Atmosférico – Zona urbana y rural de la ciudad de Quito

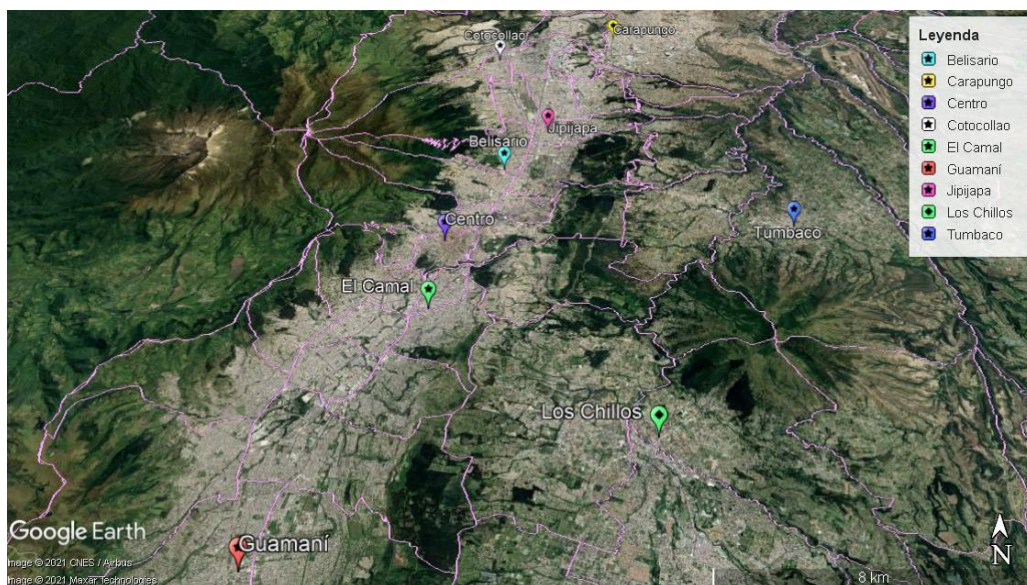


Fuente: Secretaría de Ambiente del MDMQ

Elaboración: Secretaría de Ambiente del MDMQ

Al realizar un acercamiento hacia la zona urbana de Quito, se puede apreciar de mejor manera la distribución de las estaciones, en las que se puede apreciar que están ubicadas en puntos estratégicos de la ciudad, que atraviesan desde el externo norte al externo sur de la misma, e incluye los 2 valles aledaños: Tumbaco y Los Chillos (Gráfico 4).

Gráfico 4. Mapa de Estaciones remotas de la Red Metropolitana de Monitoreo Atmosférico – Zona urbana de la ciudad de Quito



Fuente: Secretaría de Ambiente del MDMQ

Elaboración: Secretaría de Ambiente del MDMQ

Dichas estaciones tienen la capacidad para analizar continua y automáticamente los siguientes contaminantes comunes del aire:

- “Monóxido de carbono (CO);
- Dióxido de azufre (SO₂);
- Óxidos de nitrógeno (NO, NO₂ y NO_x);
- Ozono (O₃); y,
- Material particulado fino o de diámetro menor a 2,5 micrómetros (PM_{2,5}) y menor a 10 micrómetros (PM₁₀)”.

Adicionalmente, la REMMAQ dispone de los siguientes elementos:

- “Cuatro muestreadores activos semiautomáticos (high volume samplers) para material particulado de diámetro menor a 10 micras (PM10).
- Equipo de laboratorio (espectrofotómetro de absorción atómica, cromatógrafo de gases, cromatógrafo iónico, cromatógrafo de líquido de alta resolución y equipos menores complementarios) para los análisis gravimétricos de las muestras de partículas y para la determinación de metales en material particulado y compuestos orgánicos volátiles en muestras gaseosas.
- Seis estaciones meteorológicas con sensores automáticos para medir velocidad y dirección del viento (MetOne), humedad (Thies), radiación solar (Kipp & Zonen), temperatura (Thies), presión (Vaisala) y precipitación (Thies). Estos sensores están instalados sobre el techo de las estaciones de monitoreo de la calidad del aire.
- Un centro de control con capacidad para recibir, almacenar y procesar la información capturada por las estaciones de monitoreo”⁹.

Parámetros de la Calidad del Aire

La Secretaría de Ambiente del MDMQ analiza la información recogida por la REMMAQ, y realiza anualmente un Informe de la Calidad del Aire de Quito. En dicho documento, se

⁹ Revisar: <http://www.quitoambiente.gob.ec/ambiente/index.php/politicas-y-planeacion-ambiental/red-de-monitoreo>

comparan los valores reales obtenidos de los contaminantes: monóxido de carbono (CO), dióxido de nitrógeno (NO₂), dióxido de azufre (SO₂), ozono (O₃) y material particulado PM₁₀ y PM_{2,5}; respecto de los valores máximos establecidos por la Norma Ecuatoriana de Calidad de Aire (NECA) y las Guías de la Organización Mundial de la Salud.

Norma Ecuatoriana de la Calidad del Aire (NECA)

Según la Secretaría de Ambiente del MDMQ¹⁰, la NECA es una norma técnica que se redactó en función de la Ley de Gestión Ambiental y del Reglamento a la Ley de Gestión Ambiental para la Prevención y Control de la Contaminación Ambiental. Tiene como objetivo preservar la salud de las personas, la calidad del aire, el bienestar de los ecosistemas y el ambiente en general. Para lo cual, establece límites permisibles de los contaminantes, criterio y contaminantes no convencionales del aire ambiente (ver Anexo 3). Además, de los métodos y procedimientos para la determinación de los contaminantes en el aire ambiente.

Guías de calidad del aire de la OMS

Las Guías de calidad del aire de la OMS (2005) pueden ser aplicadas a nivel mundial, ya que se elaboraron para respaldar las medidas que se tienen como propósito de mejorar la calidad del aire y así conseguir la protección de la salud pública. No obstante, como ocurre en Ecuador existe normativa, y los límites máximos permitidos difieren la una de la otra como se puede observar al comparar los valores del Anexo 3 y Anexo 4.

A pesar de que la guía de la OMS se basa en un amplio conjunto de pruebas científicas relacionadas con la contaminación atmosférica y la salud. Es importante considerar que cada país tiene sus particularidades, debido a la diferencia en acceso a tecnología, factores económicos, políticos y sociales; que pueden limitar el desarrollo y la capacidad nacional en relación con la gestión de la calidad del aire.

¹⁰ Revisar: <http://www.quitoambiente.gob.ec/ambiente/index.php/norma-ecuatoriana-de-la-calidad-del-aire>

Análisis de la Calidad del Aire en Quito

La REMMAQ como se explicó anteriormente, recolecta información sobre los contaminantes del aire; no obstante, estos datos deben transformarse en información útil para que pueda ser analizada por los técnicos y comparada con los parámetros dados por la NECA y la guía de la OMS; por lo tanto, es importante aplicar los criterios de cobertura temporal a la data recolectada. Pero tal como explica la Secretaría de Ambiente del MDMQ, existe un porcentaje de datos válidos capturados por las estaciones automáticas que pueden verse en la Tabla 4.

Tabla 4. Porcentaje de datos válidos capturados por las estaciones automáticas (%) (2006 – 2018)

Contaminante	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
SO ₂	97,5	98,2	95,8	95,1	97,7	97,4	97,4	95,4	91,2	98,0	95,0	95,4	95,4
CO	97,4	98,1	96,2	96,7	96,9	97,3	97,1	93,0	92,6	97,5	94,4	94,4	95,1
O ₃	97,5	98,0	96,2	97,4	97,7	97,1	96,8	94,8	94,1	97,8	95,2	95,3	95,4
NO ₂	96,6	97,3	96,7	97,2	95,7	98,2	98,5	92,8	93,7	98,4	94,1	94,6	95,0
PM _{2,5}	97,0	98,0	97,0	96,9	96,9	95,3	97,9	94,7	91,5	97,4	94,5	88,6	97,0

Fuente: Secretaría de Ambiente del MDMQ

Elaboración: Secretaría de Ambiente del MDMQ

La REMMAQ dispone de un sistema de calidad, que permite el Control y Aseguramiento de Calidad de información, obteniendo un registro histórico de los parámetros de funcionamiento de los muestreadores y analizadores, y evaluando de manera continua su operación integral. A su vez, se cuenta con personal técnico calificado que es capacitado y evaluado de manera continua, con la finalidad de que se cumpla con los estándares óptimos. También, se cuenta con un sistema de documentación, manejo de inventarios, mantenimiento y calibración de equipos; que ayudan a que la recolección de información no se detenga (Secretaría de Ambiente - MDMQ, 2020). Para finalizar, se utiliza dicha data para realizar el Informe de la Calidad del Aire del Distrito Metropolitano de Quito.

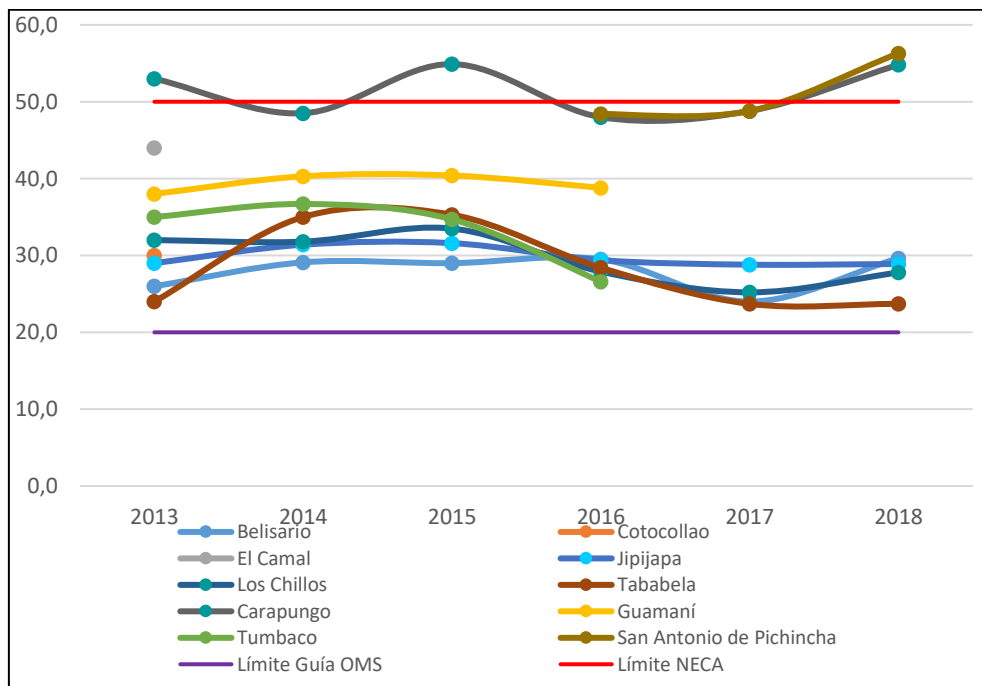
A continuación, se realizará una breve revisión del análisis realizado por la Secretaría de Ambiente del MDMQ. Para lo cual, se mostrará cómo ha variado el promedio anual de las mediciones para cada uno de los contaminantes atmosféricos de los cuales se dispone información.

Material particulado grueso- 10 micrones (PM10)

En el año 2018, se pudo observar que los niveles más elevados de PM10 se concentraron en los meses de julio, agosto, septiembre, octubre y diciembre, esto debido a que existe pocas precipitaciones y humedad; además, la presencia del viento en meses de julio, agosto y septiembre, puede provocar el traslado del material no cementado de vías, terrenos o calles. No obstante, entre los meses de abril y mayo existe mayores precipitaciones, esto evita que el material no consolidado vuelva a suspenderse en el aire (Secretaría de Ambiente - MDMQ, 2020).

Para este contaminante, la NECA propone un límite de $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$, mientras que la OMS propone un límite de $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Como se observa en el Gráfico 5, los promedios anuales de PM10 de todas las estaciones sobrepasan el límite de la OMS. Por otro lado, la mayoría de las estaciones registran valores por debajo del límite establecido por la NECA; sin embargo, las estaciones de Carapungo y San Antonio de Pichincha superan este límite en algunos años, llegando a obtener en el año 2018 un promedio anual de $54,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y $56,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ respectivamente.

Gráfico 5. Promedios anuales de PM10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) por estación
Período: 2013 – 2018



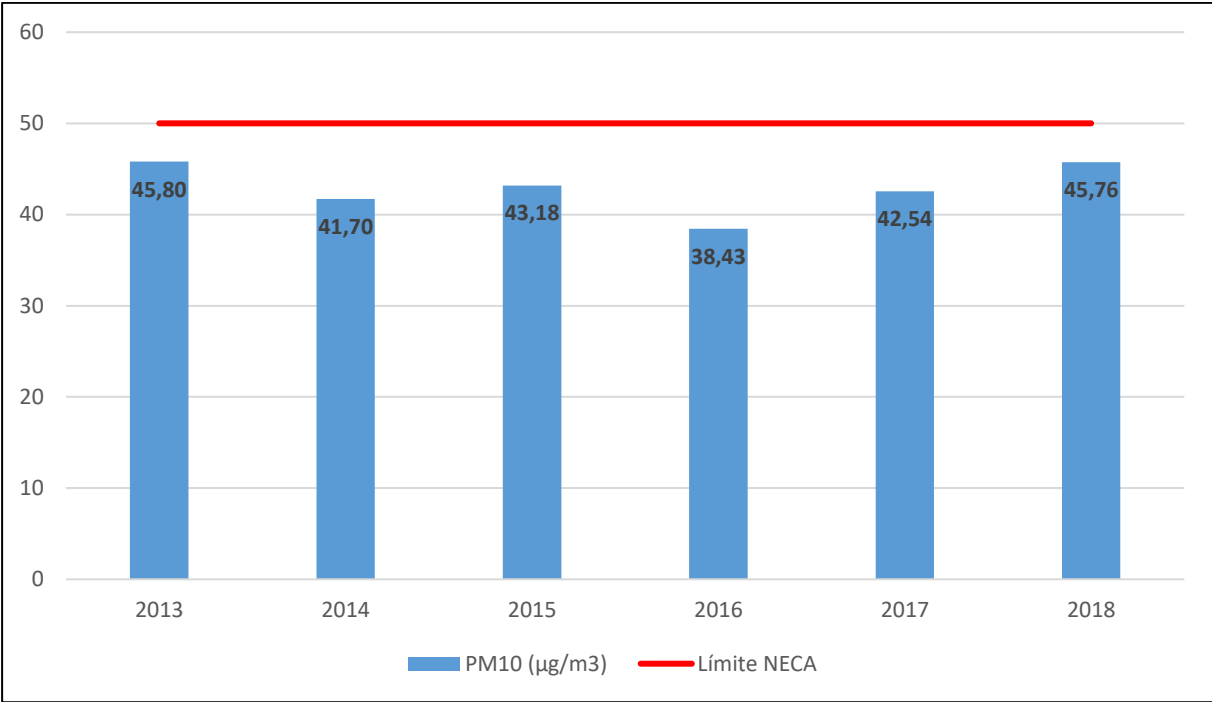
Fuente: Secretaría de Ambiente del MDMQ

Elaboración: Carlos Velasco

Si bien el análisis detallado de cada una de las estaciones de la Secretaría de Ambiente del MDMQ, ayuda a que se pueda evaluar la calidad del aire por sectores de la ciudad de Quito. El objetivo del presente estudio es realizar un análisis más macro de la contaminación atmosférica en toda la ciudad. Por lo tanto, se han tomado los datos reportados por la REMMAQ, en la que se visualizan por cada hora del día un registro de cada uno de los contaminantes.

En el caso del PM10 se realizó un promedio anual de todos registros y como se explicó con anterioridad el límite según la NECA es de 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Se observa que, durante todo el año el promedio anual de este contaminante está por debajo del límite, además tiene una tendencia estable llegando a un valor de 45,76 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en el año 2018. Valores que sobrepasan el límite establecido por la OMS.

Gráfico 6. Promedio anual de PM10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) en la ciudad de Quito
Período: 2013 – 2018



Fuente: Secretaría de Ambiente del MDMQ
Elaboración: Carlos Velasco

Material particulado fino - 2,5 micrones (PM2,5)

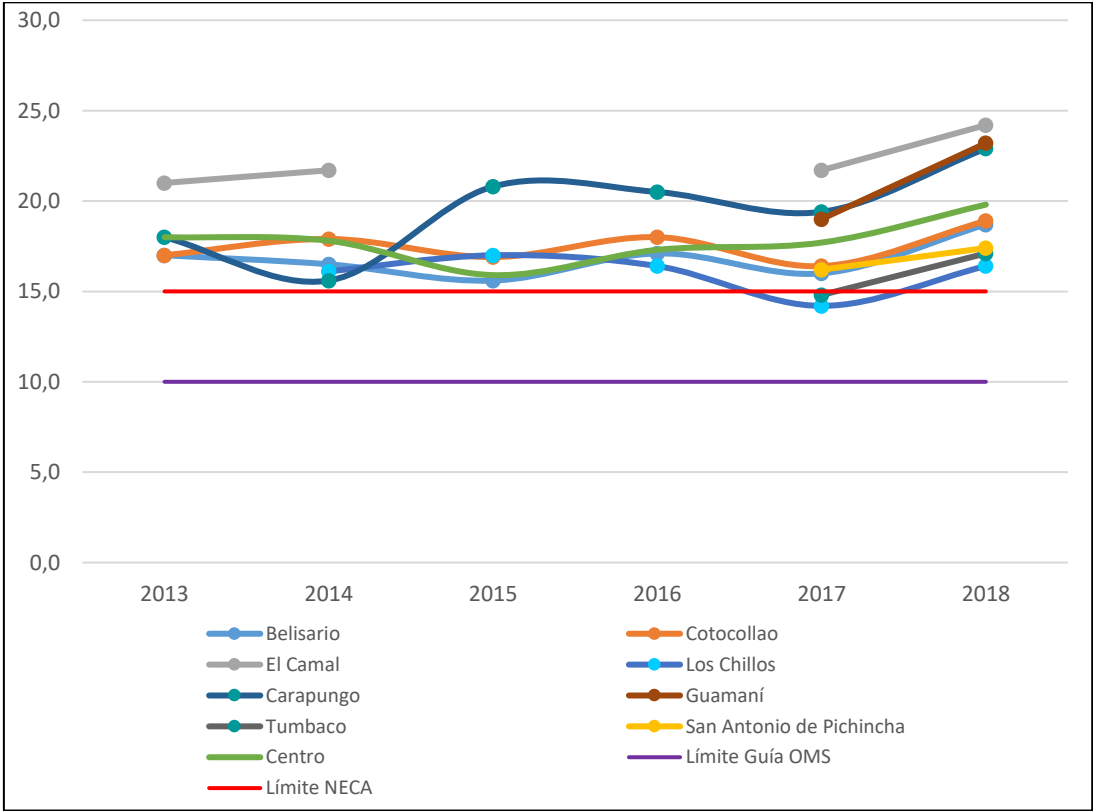
La Secretaría de Ambiente del MDMQ (2020) reporta que el PM2,5 es un contaminante relacionado con la quema de combustibles fósiles proveniente principalmente del tránsito vehicular, teniendo una alta exposición los habitantes que circulan y viven en las zonas urbanas

de la ciudad. Además, se reporta que las emisiones más altas de este contaminante se registran la noche del 31 de diciembre y madrugada del 1 de enero, por la quema de años viejos y pólvora (pirotecnia).

Los límites de los promedios anuales de PM_{2,5} es 15 µg/m³ según la NECA y 10 µg/m³ según la Guía de la OMS. Como se puede observar en el Gráfico 7, todos los registros de las estaciones entre 2013 a 2018 sobrepasan el límite establecido por la NECA y la OMS. Solamente existen un par de excepciones en el año 2017, que las estaciones remotas de Tumbaco y Los Chillos, se alejan un poco por debajo del límite de la NECA con 14,8 µg/m³ y 14,2 µg/m³ respectivamente.

El gráfico nos muestra, que la estación de El Camal, reporta los promedios más altos en el periodo analizado, seguido de Carapungo. No obstante, es destacable el crecimiento de la concentración de este contaminante en el año 2018, se registran variaciones entre el 7% y 22% en los promedios anuales.

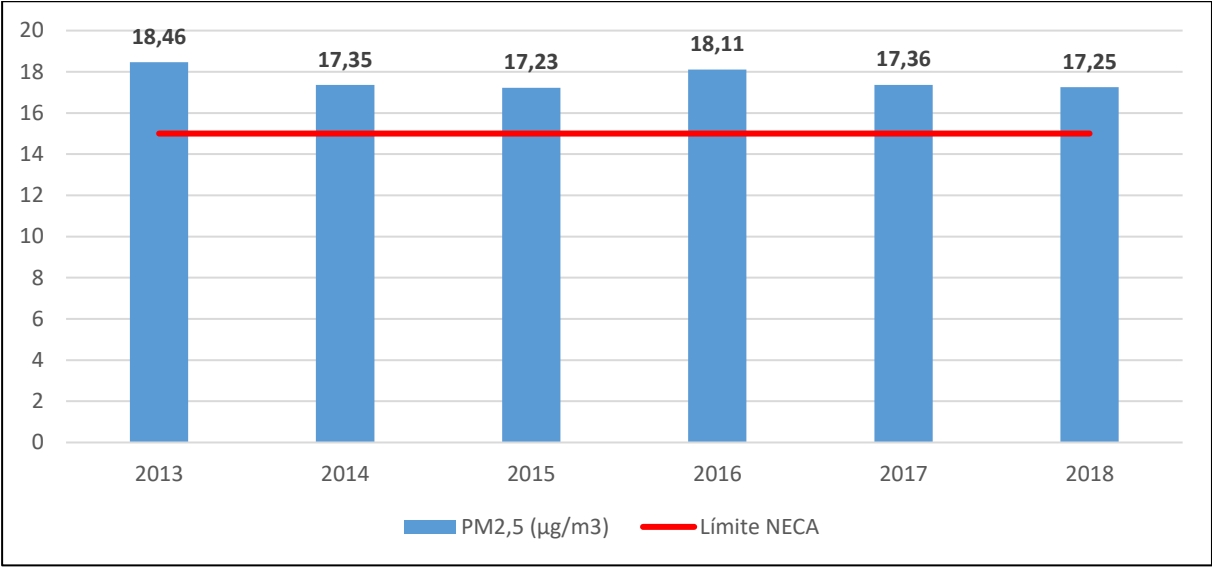
Gráfico 7. Promedios anuales de PM_{2,5} (µg/m³) por estación
Período: 2013 – 2018



Fuente: Secretaría de Ambiente del MDMQ
Elaboración: Carlos Velasco

Al realizar el promedio anual generalizado para toda la ciudad de Quito, se puede verificar que el contaminante PM_{2,5} supera el límite de la NECA de 15 µg/m³ en todos los años del periodo analizado, y se observa que se mantiene una tendencia constante, llegando a ser 17,25 µg/m³ en el año 2018.

Gráfico 8. Promedio anual de PM_{2,5} (µg/m³) en la ciudad de Quito
Período: 2013 – 2018



Fuente: Secretaría de Ambiente del MDMQ
Elaboración: Carlos Velasco

Dióxido de azufre (SO₂)

Según el informe de la calidad del aire en Quito del año 2018 (Secretaría de Ambiente - MDMQ, 2020), las principales fuentes de SO₂ son las termoeléctricas: en el sector sur de la ciudad, se ubica la Central Termoeléctrica Santa Rosa; mientras que, en el sector del Valle de los Chillos, se encuentran las Centrales Termoeléctricas Guangopolo y Guangopolo II. Por otro lado, las fuentes móviles como los vehículos privados o transporte público aportan un porcentaje menor a las emisiones de dióxido de azufre; no obstante, pueden existir acumulaciones provenientes de estas fuentes que pueden llegar a ser representativas.

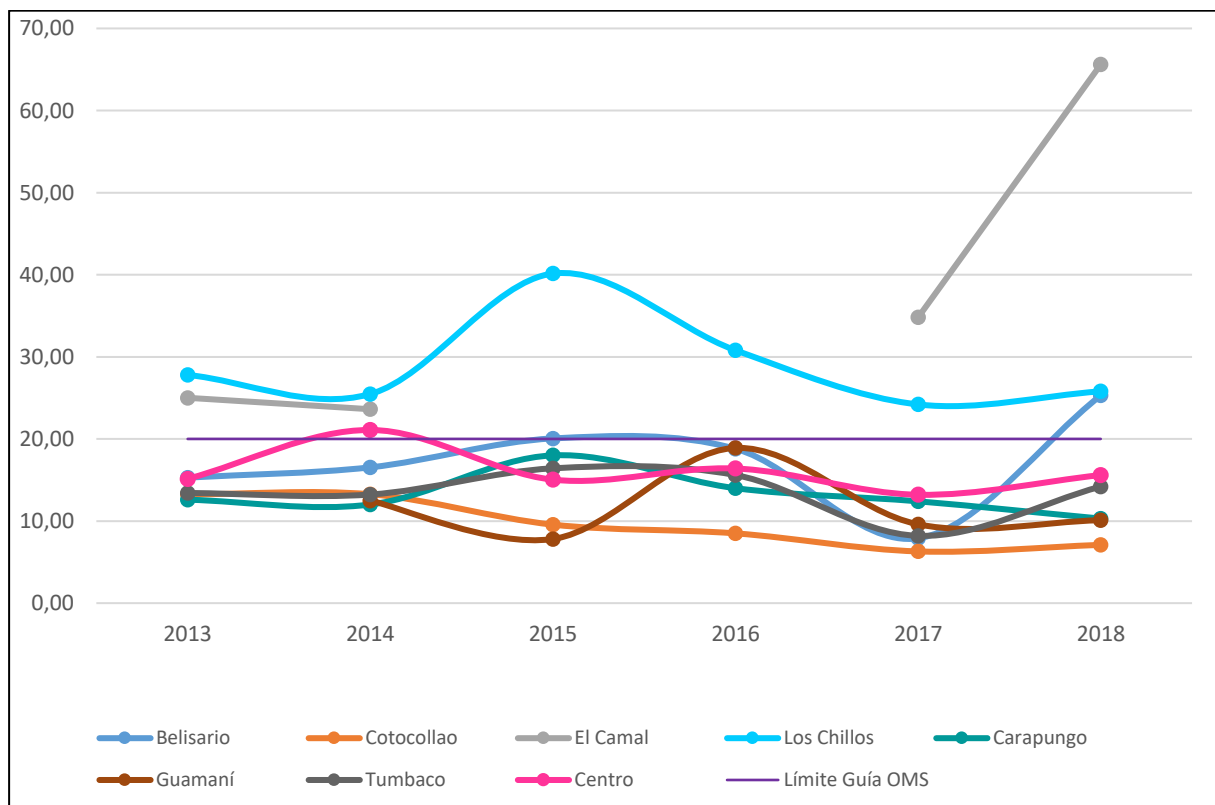
Para evaluar los límites de este contaminante según la NECA y la Guía de la OMS, se generó el Gráfico 9, donde se pueden observar las concentraciones máximas promedio de 24 horas de SO₂ (µg/m³) por cada estación remitidas, entre el año 2013 y 2018. Debido a que el límite la

NECA establece en 125 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, se puede observar que todos los registros de las estaciones se encuentran por debajo de dicho límite.

No obstante, el límite proporcionado por la Guía de la OMS es 20 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$), y se puede observar que las estaciones de Los Chillos y El Camal superan este techo en el periodo analizado. Para el año 2018, se suma la estación Belisario, cuyos registros superan el límite de la OMS. Como se explicó con anterioridad, lo que más aportaría a estos niveles de SO_2 serían las termoeléctricas ubicadas en el Valle de los Chillos y sur de la ciudad; pero también pueden haber altas concentraciones producidas por el transporte público que serían registradas en las estaciones El Camal (sur) y Belisario (norte).

También se puede observar una disminución generalizada en todas las estaciones, de las concentraciones de este contaminante en el año 2017; sin embargo, para el año 2018, estas comienzan a incrementarse nuevamente debido...

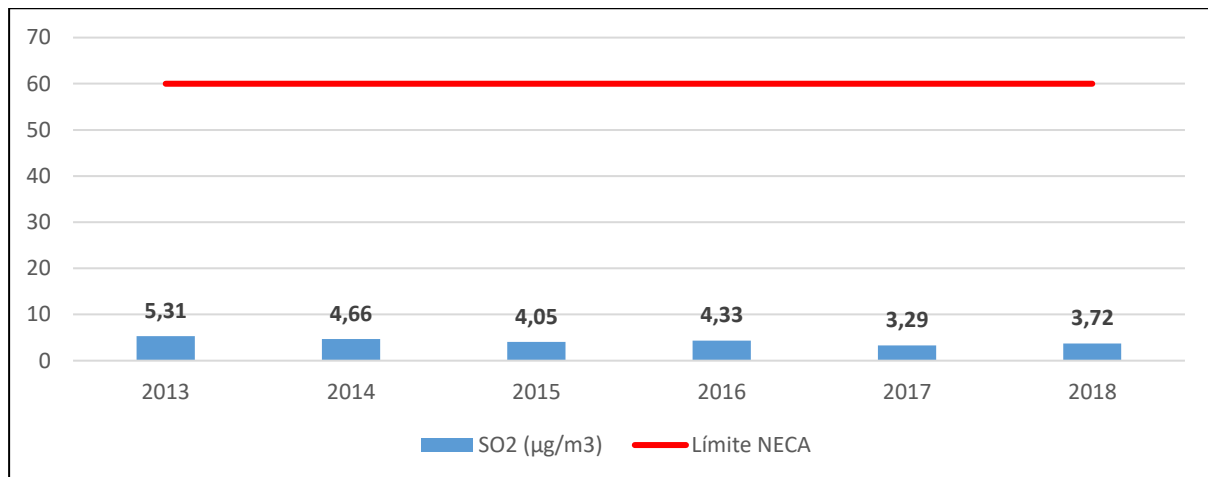
**Gráfico 9. Concentraciones máximas promedio de 24 horas de SO_2 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) por estación
Período: 2013 – 2018**



Fuente: Secretaría de Ambiente del MDMQ
Elaboración: Carlos Velasco

En el caso del análisis generalizado de este contaminante en la ciudad de Quito, se pudo verificar que en todo el periodo analizado el promedio anual está muy por debajo del límite según la NECA de 60 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ y mantiene una tendencia estable, llegando a un valor de 3,72 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en el año 2018.

Gráfico 10. Promedio anual de SO_2 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) en la ciudad de Quito
Período: 2013 – 2018



Fuente: Secretaría de Ambiente del MDMQ

Elaboración: Carlos Velasco

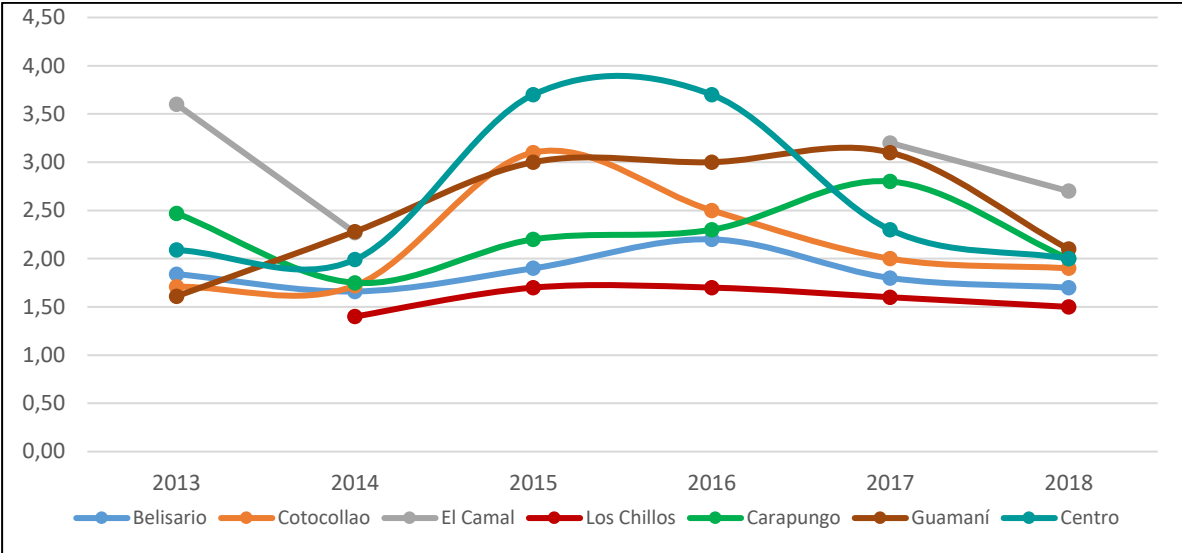
Monóxido de carbono (CO)

Según la Secretaría de Ambiente - MDMQ (2020), las emisiones de monóxido de carbono provienen del tráfico de vehículos que usan combustibles fósiles, siendo las temporadas con temperaturas más bajas, donde se produce más quema de estos combustibles para poner en funcionamiento a estos vehículos. En el 2018, las mayores concentraciones se registraron en los meses de mayo y noviembre; por el contrario, donde menores emisiones se registran es en el mes de agosto donde baja la afluencia vehicular, debido a que corresponde a la época de vacaciones de escuelas y colegios.

En el Gráfico 11, se observan las concentraciones máximas promedio octohorario de CO (mg/m^3) entre 2013 y 2018. El límite del promedio octohorario, según la NECA es 10 mg/m^3 , no obstante, no existen registros de una cifra techo según la Guía de la OMS; cómo se puede observar en la serie graficada, todos los registros están por debajo del límite propuesto por la NECA. Es interesante observar que en todas las estaciones se observa una tendencia al

crecimiento entre 2014 a 2017; pero en el año 2018 se observa una disminución significativa de la concentración de este contaminante, en especial el registrado en las mediciones de la estación Guamaní, que disminuye un 32% entre 2017 y 2018.

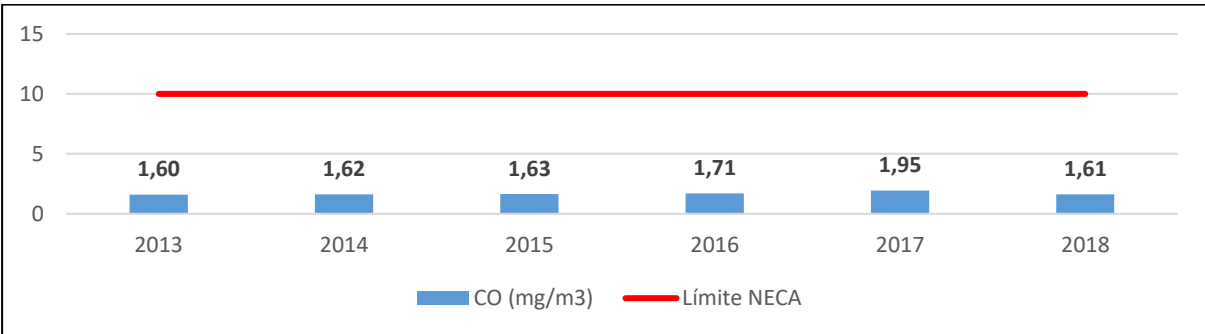
Gráfico 11. Concentraciones máximas promedio octohorario de CO (mg/m³) por estación
Período: 2013 – 2018



Fuente: Secretaría de Ambiente del MDMQ
Elaboración: Carlos Velasco

En el análisis generalizado de las concentraciones de CO en la ciudad de Quito, se puede observar que todos los registros están muy por debajo del límite de la NECA (10 mg/m³). Además, se observa una tendencia estable pero que disminuye en el año 2018 a 1,61 mg/m³.

Gráfico 12. Promedio de concentraciones máximas octohorarias de CO (mg/m³) en la ciudad de Quito
Período: 2013 – 2018



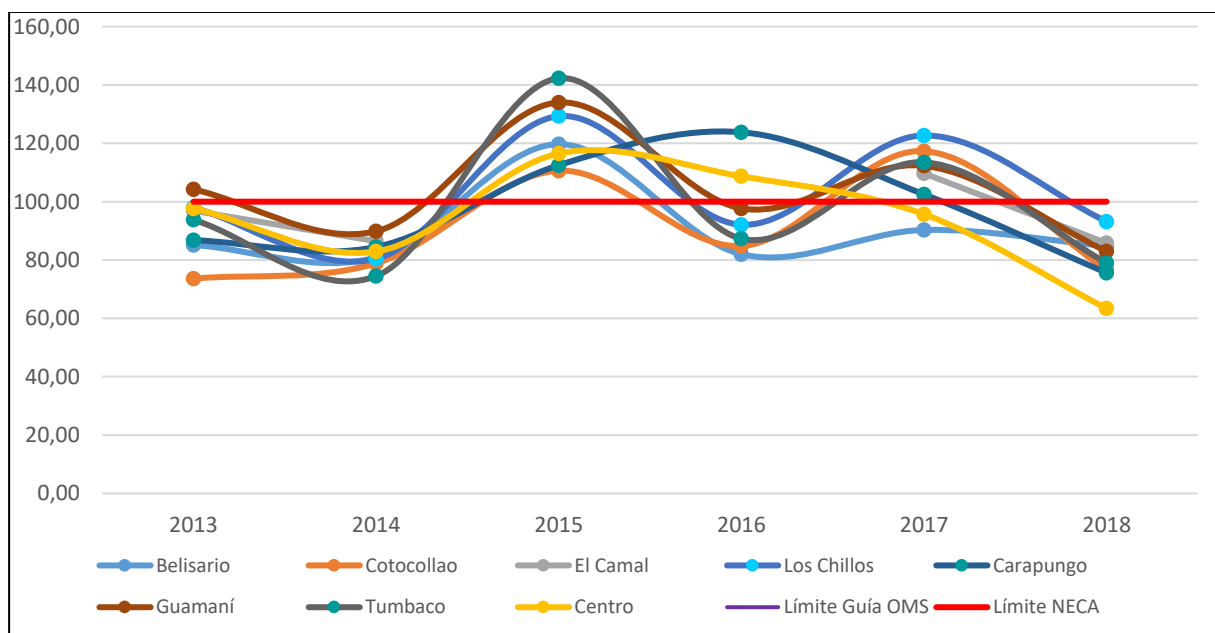
Fuente: Secretaría de Ambiente del MDMQ
Elaboración: Carlos Velasco

Ozono (O_3)

Como se mencionó en la sección 2, el ozono se forma por reacciones químicas en el aire, que surge de la influencia de la luz solar con compuestos como hidrocarburos y óxidos de nitrógeno. Debido a que la ciudad de Quito se encuentra en la franja de la línea ecuatorial, existe una alta radiación de los rayos ultravioletas del sol; por lo tanto, en aquellos meses que estuvo nublado las concentraciones O_3 disminuyeron, mientras en los meses más soleados las concentraciones subieron (Secretaría de Ambiente - MDMQ, 2020).

Los límites de los promedios anuales de O_3 es $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ según la NECA y la Guía de la OMS, y en el Gráfico 13 se puede observar cómo han fluctuado las concentraciones máximas promedio octohorario de O_3 entre 2013 y 2018. Se puede observar que en 2013 y 2014, la mayoría de estaciones registran valores por debajo del límite; no obstante, en 2015 todas superan el techo recomendado por la NECA y la OMS. En el 2018, se puede observar que todas las estaciones reportan una disminución en las concentraciones y se ubican por debajo del límite. Siendo más representativa la disminución de la estación Cotocollao que pasa de $117,30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en 2017 a $76,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en 2018, con una variación negativa de 34,6%.

Gráfico 13. Concentraciones máximas promedio octohorario de O_3 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) por estación
Período: 2013 – 2018

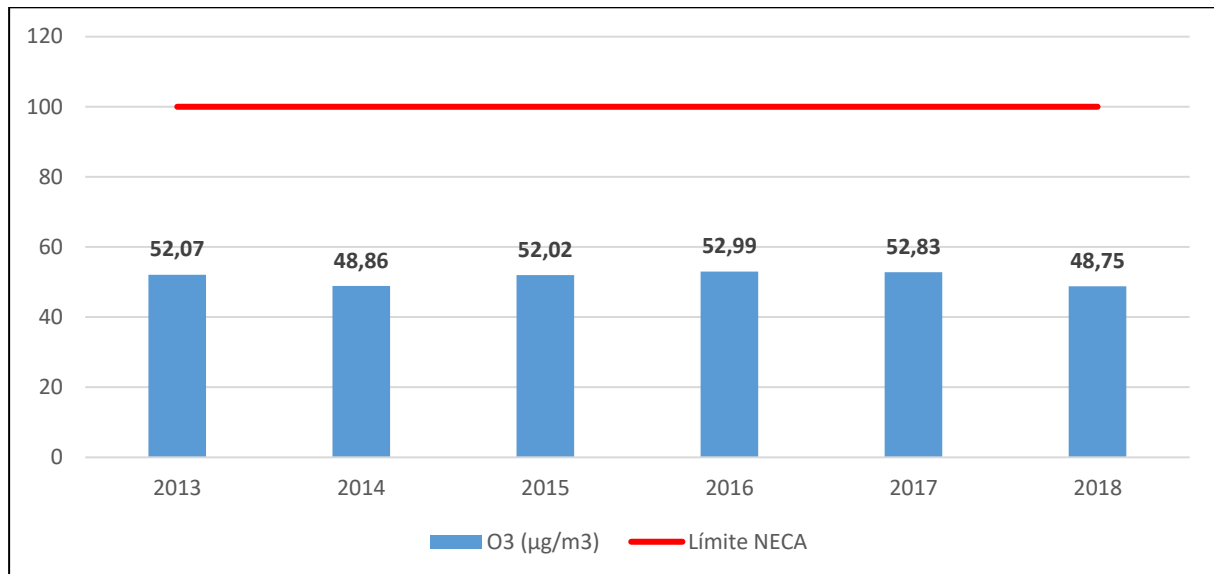


Fuente: Secretaría de Ambiente del MDMQ

Elaboración: Carlos Velasco

En el análisis considerando los valores promedios de concentraciones máximas octohorarias de O₃ (µg/m³) en la ciudad de Quito, se puede observar que están por debajo del límite de 100 µg/m³ según la NECA. Además, tienen una tendencia constante, inclusive para el año 2018 disminuye a una cifra de 48,75 µg/m³.

Gráfico 14. Promedio de concentraciones máximas octohorarias de O₃ (µg/m³) en la ciudad de Quito
Período: 2013 – 2018



Fuente: Secretaría de Ambiente del MDMQ

Elaboración: Carlos Velasco

Dióxido de nitrógeno (NO₂)

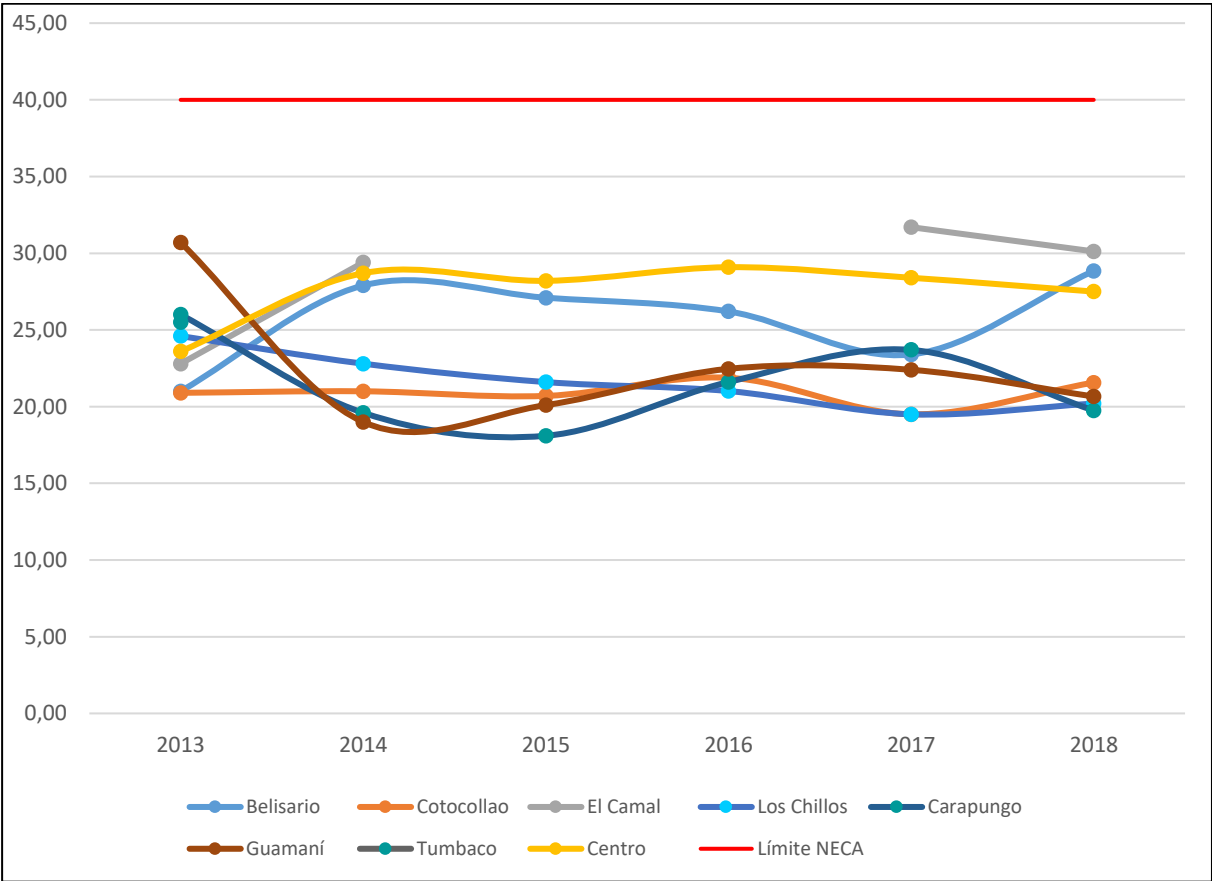
Según el Informe del año 2018 sobre la Calidad del Aire en Quito (Secretaría de Ambiente - MDMQ, 2020):

Los óxidos de nitrógeno (NO_x) es la suma de óxido nítrico (NO) y dióxido de nitrógeno (NO₂). Las emisiones en ciudad provienen principalmente del tráfico vehicular. Estas emisiones contienen óxidos de nitrógeno donde aproximadamente el 80% es monóxido de nitrógeno (NO); sin embargo, éste se transforma rápidamente a dióxido de nitrógeno (NO₂). La proporción de NO₂ de NO_x aumenta cuando existe mayor ozono en el ambiente debido a que éste acelera el proceso químico donde el NO se convierte en NO₂.

Consecuentemente, en las mediciones de las estaciones se recopila las mediciones de las concentraciones dióxido de nitrógeno (NO₂). El comportamiento mensual de este contaminante con el monitoreo de las estaciones remotas muestra una tendencia recurrente, en que las menores concentraciones se registran principalmente en los meses de junio, julio y agosto, mientras las máximas se tienen durante los meses de marzo, octubre y noviembre.

Los límites de los promedios anuales de NO₂ son equivalentes a 40 µg/m³ según la NECA, como se puede observar todos los promedios de NO₂ están por debajo de este límite. Para el año 2018, los registros más altos correspondieron a las mediciones realizadas en las estaciones: El Camal, Belisario y Centro.

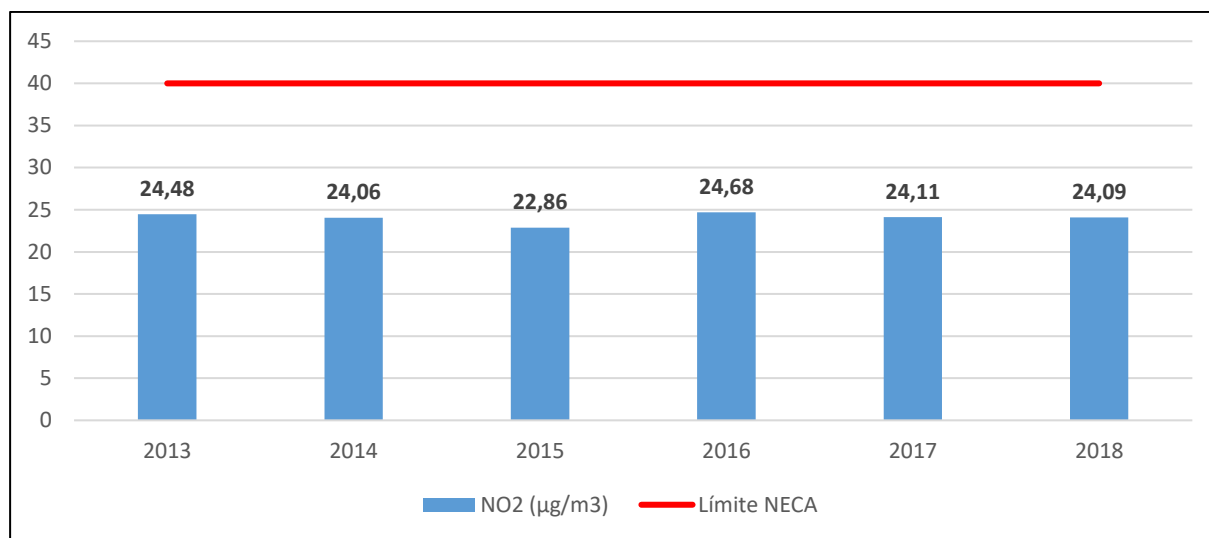
Gráfico 15. Promedios anuales de NO₂ (µg/m³) por estación
Período: 2013 – 2018



Fuente: Secretaría de Ambiente del MDMQ
Elaboración: Carlos Velasco

En el análisis general del promedio anual de NO₂ en la ciudad de Quito, se verifican que todos los valores anuales están por debajo del límite de 40 µg/m³ según la NECA. Los valores permanecen con una tendencia constante, registrándose un valor equivalente a 24,09 µg/m³ en el año 2018.

**Gráfico 16. Promedio anual de NO₂ (µg/m³) en la ciudad de Quito
Período: 2013 – 2018**



Fuente: Secretaría de Ambiente del MDMQ

Elaboración: Carlos Velasco

4.2. Enfermedades respiratorias

En la presente sección, se realizará una revisión de la morbilidad y mortalidad referente a enfermedades respiratorias en la ciudad de Quito. En el caso de la morbilidad, se consideró la base de datos conocida como egresos hospitalarios, que proporcionará información de ingresos y egresos de pacientes a los servicios de hospitalización brindados por los diferentes establecimientos de salud. Para identificar que sean personas que habitan en la ciudad de Quito, se decidió filtrar solamente a aquellos pacientes cuyo lugar de residencia era el cantón Quito.

Para evaluar la mortalidad se utiliza la base de datos de defunciones generales, lamentablemente el lugar de residencia no se desagrega a nivel de cantón; consecuentemente, se decidió filtrar a

aquellas personas a quienes les registraron como su lugar de fallecimiento el cantón Quito, pero también cuya provincia de residencia es Pichincha.

Ambas bases de datos son proporcionadas por el INEC y pertenecen al periodo 2013 – 2019; es importante aclarar que se consideró la información del año 2019, debido a que pueden existir rezagos en la información. En el caso de la base de egresos, muchos de los pacientes que ingresaron en los meses finales de cierto año, pudieron egresar el siguiente; es decir, que algunos de los pacientes que fueron internados en algún hospital en el año 2018, pudieron registrar su alta en el año 2019. En cambio, cuando se visualiza la base de defunciones generales, esta se la recopila considerando el año de inscripción; sin embargo, muchas veces la fecha de inscripción de la muerte de una persona en el Registro Civil, no va a coincidir con la fecha de fallecimiento de la misma.

En ambos casos, es importante mencionar que se consideró como diagnóstico de egreso y causa de muerte a las patologías que se las catalogan dentro del “*Capítulo X: Enfermedades del sistema respiratorio*” según la CIE-10 (J00 – J99), como se mencionó en la sección del fundamento teórico.

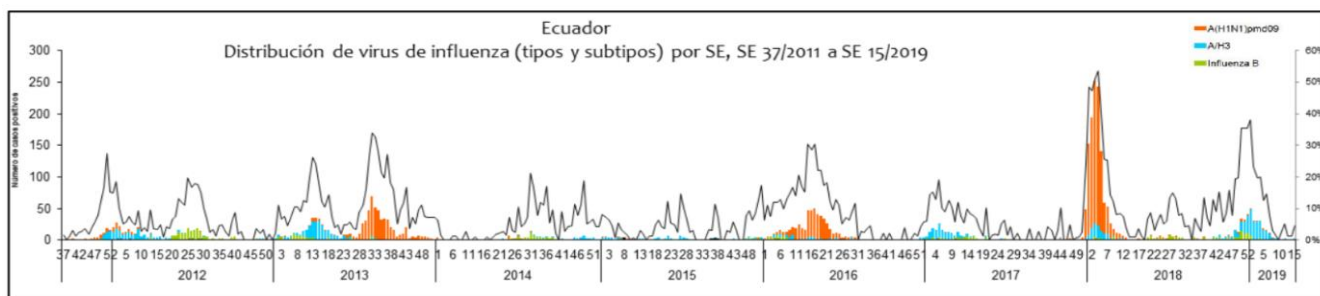
Morbilidad

Según el diccionario de la Real Academia Española, la morbilidad se define como la “proporción de personas que enferman en un sitio y tiempo determinado”. Considerando las motivaciones del presente estudio, se centrará en las personas que fueron diagnosticadas enfermedades respiratorias y que residen en Quito.

Es importante acotar que la influenza¹¹ forma parte de las enfermedades respiratorias, siendo una de sus variantes la gripe A (H1N1), que fue reconocida como pandemia por la OMS el 11 de junio de 2009 y dicha organización anunció su finalización el 18 de septiembre de 2010. En Ecuador, esta enfermedad sigue causando afectación a la salud de las personas y ha existido rebrotes considerables en el año 2018, como se puede observar en el Gráfico 17.

¹¹ Según el MSP, “La influenza es una enfermedad contagiosa de las vías respiratorias, transmisión causada por los virus de Influenza estacional (A/H1N1 pdm09, A/H3N2 e influenza B)”.

Gráfico 17. Distribución de virus de Influenza (tipo y subtipo) por mes
Período: 2012 – 2019*



Fuente: Sistema de Vigilancia Centinela de IRAG

Elaboración: Dirección Nacional de Vigilancia Epidemiológica - MSP

No obstante, se puede constatar que el MSP tiene toda una guía y protocolo para el tratamiento de la influenza. Inclusive, existen medidas de prevención, ya que en sus Centros de Salud se realiza la vacunación gratuita para grupos vulnerables: embarazadas, niños menores de 5 años a partir de los seis meses de edad, mayores de 65 años, personas con enfermedades crónicas y personal sanitario. Lo que ha contribuido a que la afectación de esta enfermedad no tenga consecuencias tan letales. Dicha institución reporta que los picos más altos se reportan:

El primero inicia en enero y alcanza su pico máximo en marzo, y el segundo inicia en julio y alcanza su pico máximo en agosto”. Además, explica que “9 de cada 10 personas que adquieren influenza presentan síntomas leves. 1 de cada 10 puede presentar una infección respiratoria aguda grave y puede requerir hospitalización. En algunos casos la enfermedad se complica y causa la muerte. (MSP, 2020)

Todo este análisis previo, ha sido importante para determinar si dichos registros tendrían una influencia atípica en el análisis que se va a realizar a continuación. Sin embargo, como se pudo verificar la influenza entre ellas la A/H1N1, tiene poca representatividad en los registros hospitalarios y como se puede observar en el Gráfico 18, no existe una variabilidad extrema en los ingresos y egresos de pacientes residentes en Quito que han padecido de enfermedades respiratorias. Inclusive, la tasa de variación de los ingresos y egresos en el 2016 respecto al 2015, fueron 19% y 18% respectivamente; similar a la variación registrada entre 2017 y 2018, que corresponde al 17% para ingresos y 18% para egresos. En base a este análisis previo, se puede concluir que es posible trabajar con la información procesada y proveniente de las bases de datos anteriormente descritas.

Gráfico 18. Ingresos y egresos hospitalarios por enfermedades respiratorias en Quito
Período: 2013 – 2018



Fuente: Base de Egresos Hospitalarios - INEC

Elaboración: Carlos Velasco

Al revisar la información de los ingresos y egresos totales en pacientes cuya residencia está ubicada en el cantón Quito, se puede observar que en promedio entre el año 2013 y 2018, el 7,7% corresponde a enfermedades respiratorias, como se muestra en la Tabla 5.

Tabla 5. Ingresos y egresos hospitalarios en Quito
Período: 2013 – 2018

Año	Ingresos por enfermedades respiratorias [A]	Total de Ingresos [B]	% ingresos por enfermedades respiratorias [A/B x 100]	Egresos por enfermedades respiratorias [C]	Total de Egresos [D]	% egresos por enfermedades respiratorias [C/D x 100]
2013	15.696	202.254	7,8%	15.631	202.234	7,7%
2014	14.535	198.609	7,3%	14.495	198.492	7,3%
2015	13.413	199.185	6,7%	13.482	199.245	6,8%
2016	16.006	200.738	8,0%	15.954	200.768	7,9%
2017	15.711	197.614	8,0%	15.632	197.564	7,9%
2018	18.414	208.667	8,8%	18.414	208.552	8,8%

Fuente: Base de Egresos Hospitalarios - INEC

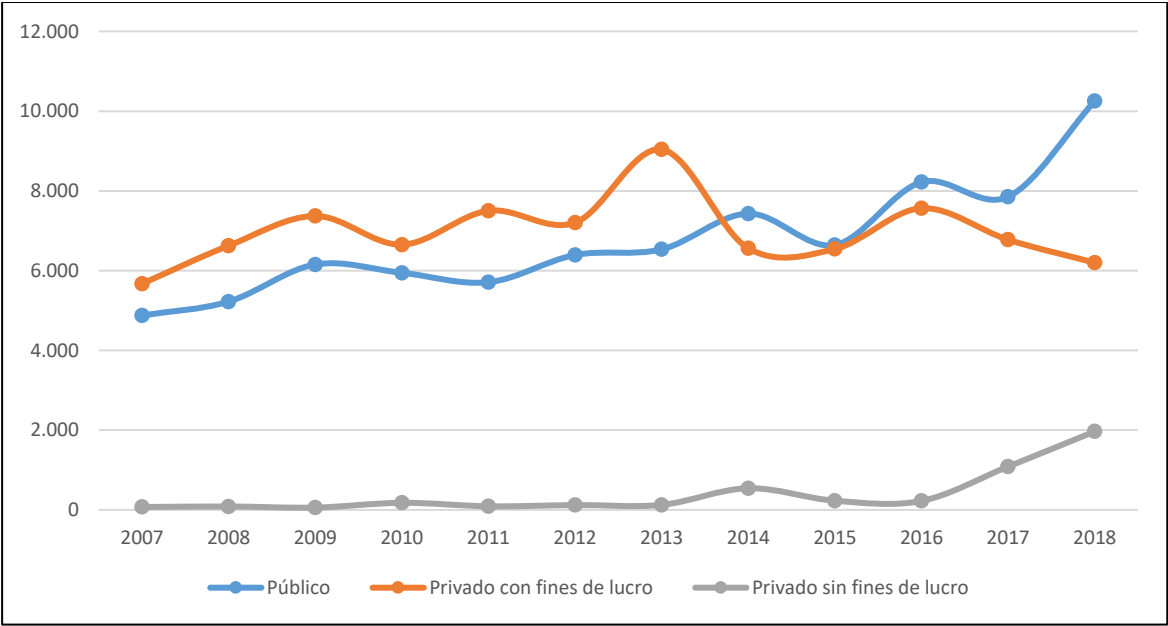
Elaboración: Carlos Velasco

Como se pudo observar en las anteriores series de datos, los ingresos y egresos tienen un comportamiento similar. De manera que, en los siguientes análisis descriptivos tratarán de mostrar los rasgos más relevantes de las hospitalizaciones por enfermedades respiratorias, considerando la información disponible y relevancia que aporte al estudio.

Para evaluar el comportamiento de los ingresos, de acuerdo al sector al que pertenecen los hospitales donde fueron aceptados los pacientes con enfermedades respiratorias, se decidió incrementar el periodo de análisis. Esto debido a que existe un comportamiento diferente antes del año 2014, como se puede observar en el Gráfico 19. La mayor parte de los pacientes ingresaron a hospitales privados con fines de lucro para atenderse sus afectaciones respiratorias antes del año 2014. No obstante, a partir de dicho año la tendencia se revierte y la mayor parte de los pacientes fueron internados en hospitales públicos (MSP, IEISS, ISSFA, ISSPOL y otros), llegando a su pico más alto en el año 2018 con un total de 10.250 ingresos.

En cuanto a las hospitalizaciones en establecimientos privados sin fines de lucro, se puede observar que hasta el año 2016 existe una tendencia constante, pero a partir del año 2017 existe un repunte considerable, llegando en el año 2018 a registrar 1.965 ingresos. Hay que considerar que dentro de este segmento se encuentran hospitales que pertenecen a la Junta de Beneficencia de Guayaquil y la Sociedad de Lucha contra el Cáncer (SOLCA), quienes tienen convenio con entidades públicas como lo es el MSP y el IEISS, que asumen la obligación de pagar las prestaciones recibidas por sus beneficiarios.

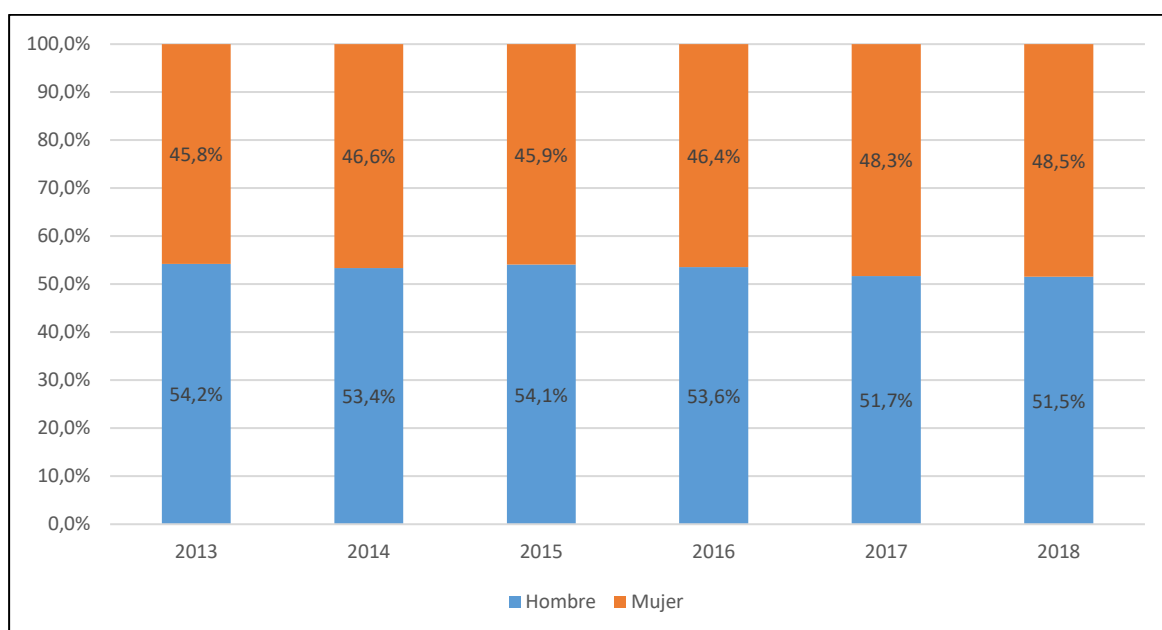
Gráfico 19. Ingresos por enfermedades respiratorias en Quito - Sector al que pertenece el hospital
Período: 2007 – 2018



Fuente: Base de Egresos Hospitalarios - INEC
Elaboración: Carlos Velasco

En cuanto al sexo de los pacientes que ingresaron por afectaciones a las vías respiratorias, se puede observar que la mayor parte son hombres, con una ligera diferencia entre 3 y 8 puntos porcentuales. Se puede observar que esta diferencia se acorta mucho en el año 2018, cuando 9.491 pacientes fueron hombres y 8.923 ingresos fueron de mujeres.

Gráfico 20. Ingresos por enfermedades respiratorias en Quito - Sexo
Período: 2013 – 2018



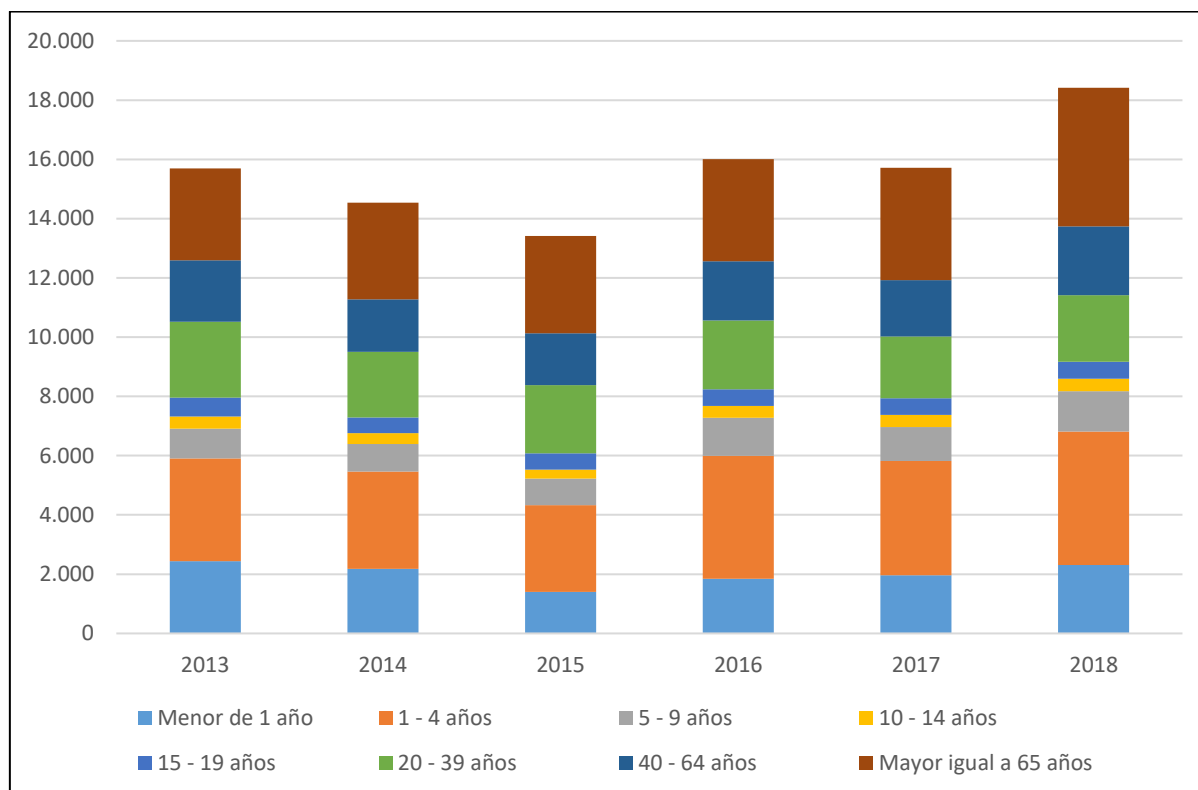
Fuente: Base de Egresos Hospitalarios - INEC

Elaboración: Carlos Velasco

Para realizar el análisis de grupos etarios, se consideró la clasificación de la atención integral de salud por ciclos de vida determinada por el MSP. Como se puede observar en el Gráfico 21, la mayoría de ingresos a hospitales por enfermedades respiratorias se concentró en pacientes con edades mayores o iguales a 65 años; y, con edades entre 1 – 4 años; que para el año 2018 representaron un 25,4% y 24,4% del total de ingresos, respectivamente.

Para el mismo año, se puede observar que los grupos de menores de 1 año; 20 – 39 años y 40 – 64 años, tienen una participación individual de casi el 12%. En cambio, los grupos etarios con menores hospitalizaciones por enfermedades respiratorias son: 5 – 9 años (7,4%), 10 – 14 años (2,3%) y 15 – 19 años (3,1%).

Gráfico 21. Ingresos por enfermedades respiratorias en Quito – Grupos etarios
Período: 2013 – 2018



Fuente: Base de Egresos Hospitalarios - INEC

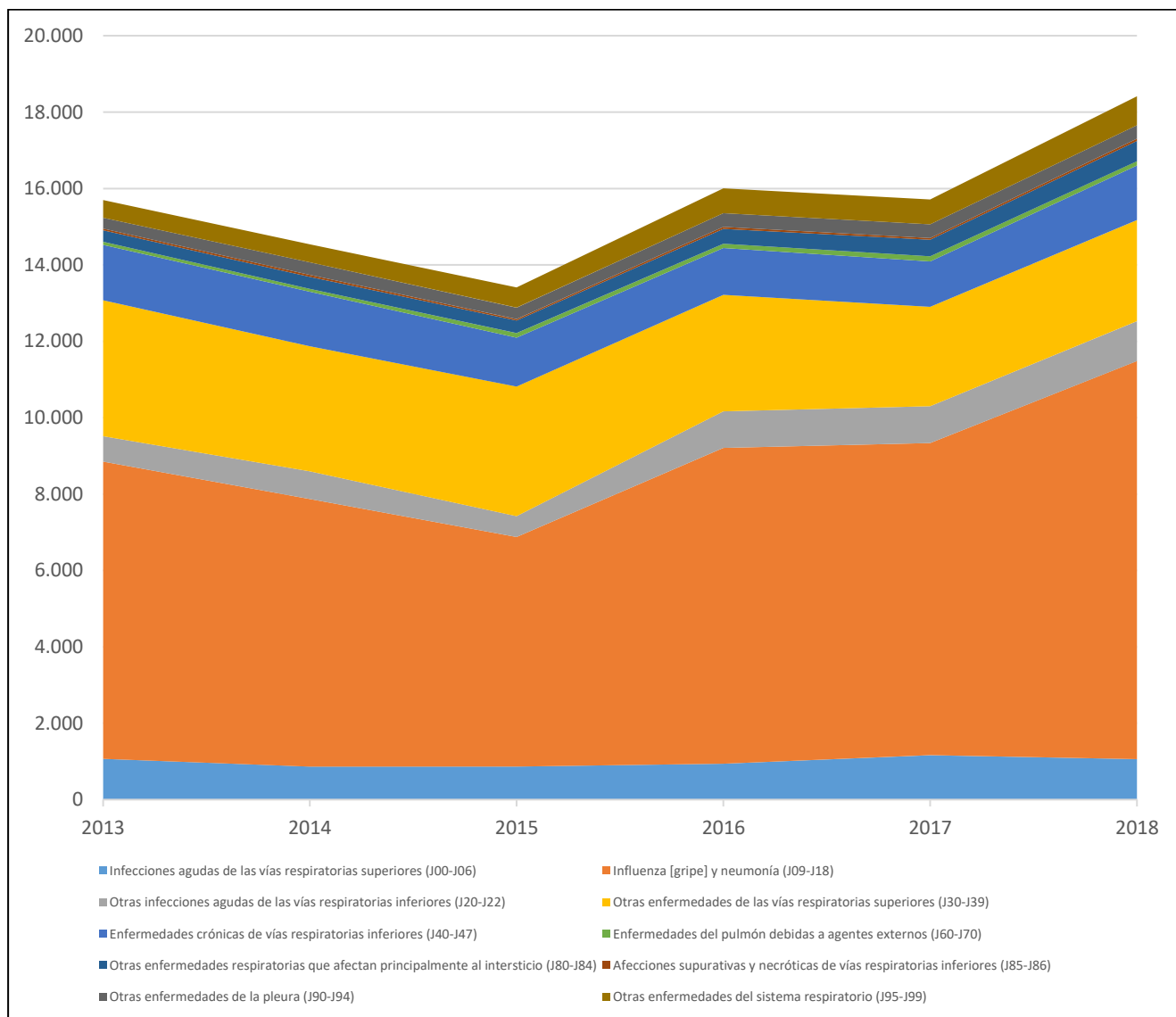
Elaboración: Carlos Velasco

En el Gráfico 22, se puede observar los ingresos desagregados por sub-capítulos pertenecientes al Capítulo X: Enfermedades del sistema respiratorio según la CIE-10. Se observa que la mayor parte de las hospitalizaciones (en algunos años superando el 50% del total) se producen por enfermedades clasificadas en el segundo sub-capítulo “Influenza [gripe] y neumonía (J09-J18)”, donde se agrupan las siguientes patologías:

- (J09) Influenza debida a ciertos virus de la influenza identificados
- (J10) Influenza debida a otro virus de la influenza identificado
- (J11) Influenza debida a virus no identificado
- (J12) Neumonía viral, no clasificada en otra parte
- (J13) Neumonía debida al *Streptococcus pneumoniae*
- (J14) Neumonía debida al *Haemophilus influenzae*
- (J15) Neumonía bacterial, no clasificada en otra parte
- (J16) Neumonía debida a otros organismos infecciosos no clasificada en otra parte

- (J17) Neumonía en enfermedades clasificadas en otra parte
- (J18) Neumonía, organismo sin especificar

Gráfico 22. Ingresos por enfermedades respiratorias en Quito – Subcapítulos CIE10
Período: 2013 – 2018



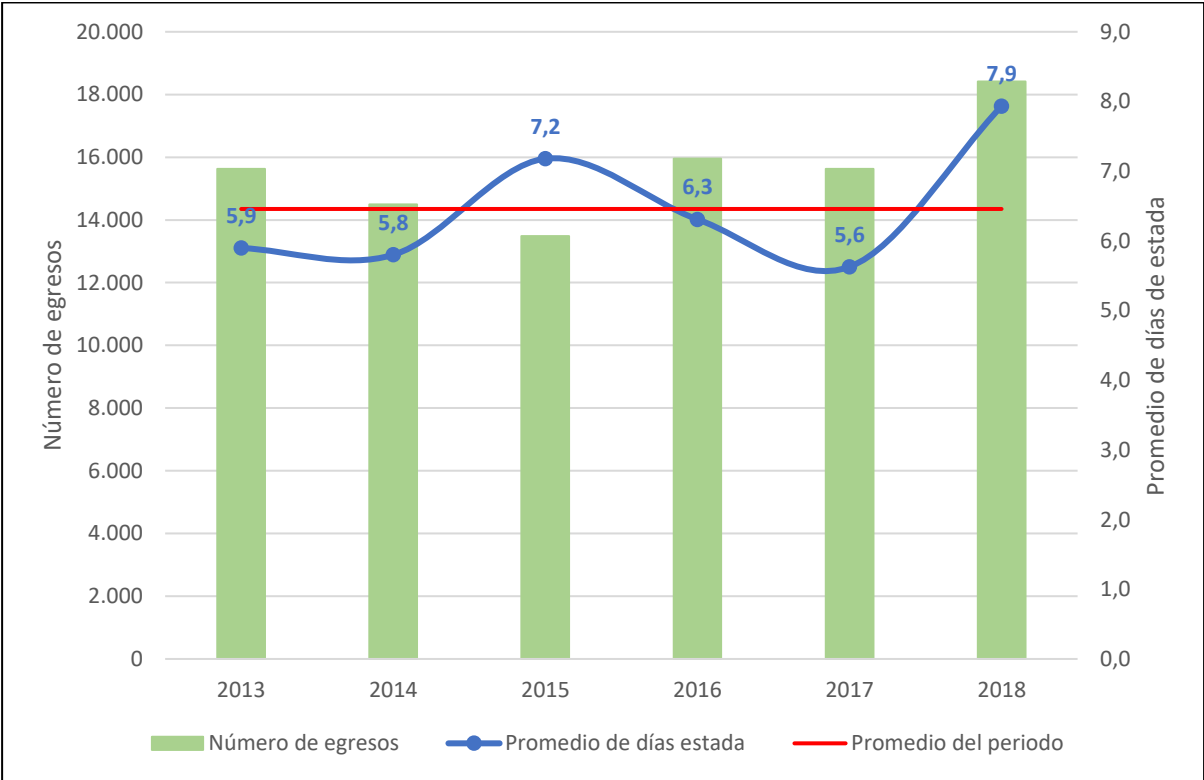
Fuente: Base de Egresos Hospitalarios - INEC

Elaboración: Carlos Velasco

Un indicador hospitalario muy importante, es el promedio de días de estada que muestra cuantos días en promedio permaneció un paciente hospitalizado en cierto servicio. Se calcula en base a la división de la sumatoria del número total de días de permanencia en el hospital de un paciente egresado (fecha de egreso – fecha de ingreso) para el total de egresos (INEC, 2020).

En el caso específico de los egresos de pacientes con enfermedades respiratorias en Quito, se pudo verificar que en el periodo 2013 – 2018, en promedio un paciente se quedó hospitalizado un total de 6,5 días. Siendo los años 2015 y 2018, donde se puede observar que el promedio de días de estada sobrepasa al promedio del periodo estudiado, llegando en el año 2018 a un promedio equivalente a 7,9 días de estada.

Gráfico 23. Promedio de días de estada por enfermedades respiratorias en Quito
Período: 2013 – 2018



Fuente: Base de Egresos Hospitalarios - INEC
Elaboración: Carlos Velasco

Otros indicadores importantes referentes a los egresos, son las tasas de mortalidad hospitalaria, cuyas definiciones según el INEC (2020) son las siguientes:

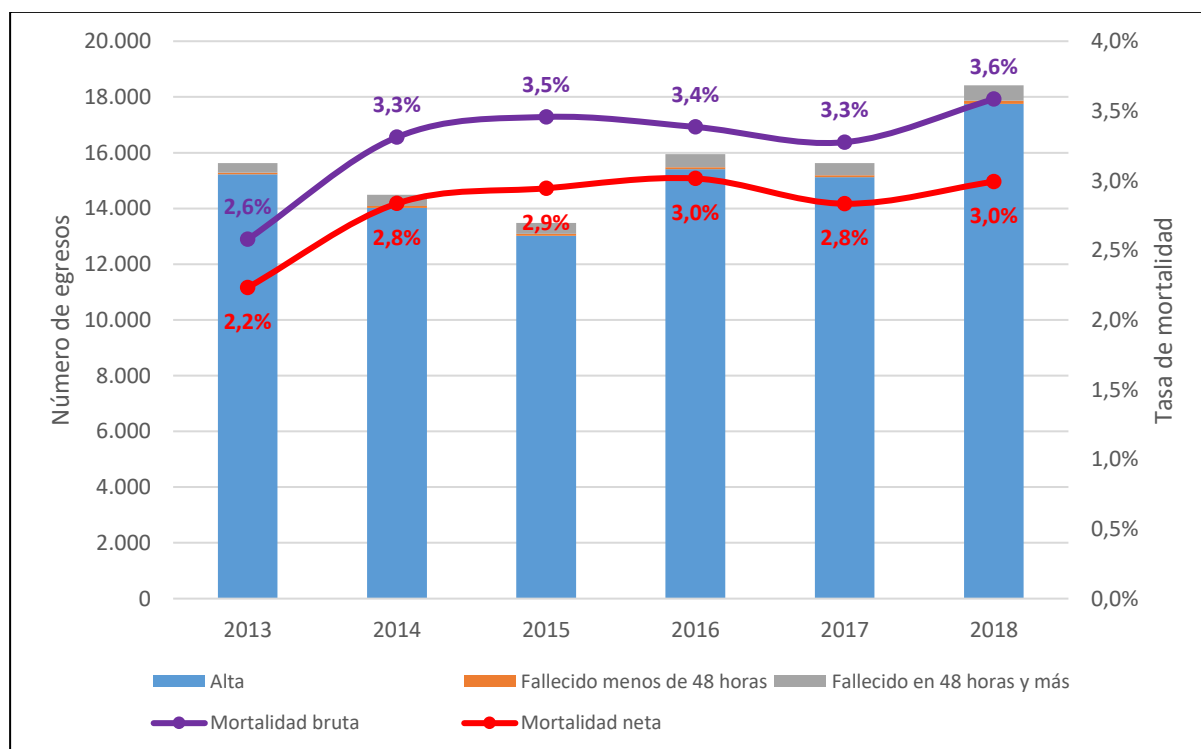
Tasa bruta de mortalidad hospitalaria (Tasa de letalidad hospitalaria): Es la relación entre el número de defunciones (independientemente de los días de estada) ocurridas en el establecimiento hospitalario en el año y el número de egresos (altas y defunciones) en dicho periodo por cien.

Tasa neta de mortalidad hospitalaria: Es la relación entre el número de defunciones ocurridas en el hospital, a pacientes de 48 horas y más de internación durante el año y los egresos (altas y defunciones) producidos en el mismo periodo, por mil.

Como se puede observar en el Gráfico 24, la mayoría de egresos se dan por altas hospitalarias esto quiere decir, que la mayoría de pacientes que fueron hospitalizados salieron de hospital con vida y superan el 96% del total de egresos en el periodo estudiado. No obstante, la mortalidad bruta se ubica entre el 2,6% al 3,6%; esto quiere decir que, en el año 2018, el 3,6% de los egresos ocurrieron porque el paciente falleció.

Así mismo, la tasa neta de mortalidad hospitalaria muestra el porcentaje de pacientes que fallecieron luego de 48 horas de haber estado internado en el hospital. Este indicador, trata de evaluar a los pacientes que tuvieron un tratamiento más largo en el hospital y que a pesar de eso fallecieron mientras estuvieron internados; las cifras fluctúan entre 2,2% a 3,0% en el periodo analizado.

Gráfico 24. Tasa de mortalidad hospitalaria por enfermedades respiratorias en Quito
Período: 2013 – 2018



Fuente: Base de Egresos Hospitalarios - INEC
Elaboración: Carlos Velasco

Mortalidad

No obstante, los indicadores de mortalidad hospitalaria no recogen la información de todas las personas que han muerto por causa de una enfermedad respiratoria, ya que muchas pudieron fallecer en su casa, en un establecimiento de salud que no cuenta con el servicio de hospitalización o en otro lugar. Para analizar la mortalidad por enfermedades respiratorias en Quito, se utilizará la base de defunciones generales, como se explicó con anterioridad.

En la Tabla 6, se puede observar el número total de muertes por enfermedades respiratorias, dicha cifra se la compara con el número total de personas que fallecieron en Quito. En el periodo 2013 – 2018, se puede observar que en promedio el 11% de muertes se produjeron por enfermedades respiratorias. Así mismo, al comparar con el total de la población quiteña se obtiene la tasa de mortalidad producida por estas enfermedades; considerando el periodo estudiado, en promedio existen 4 muertes causadas por enfermedades respiratorias por cada 10.000 habitantes quiteños.

Tabla 6. Defunciones generales en Quito
Período: 2013 – 2018

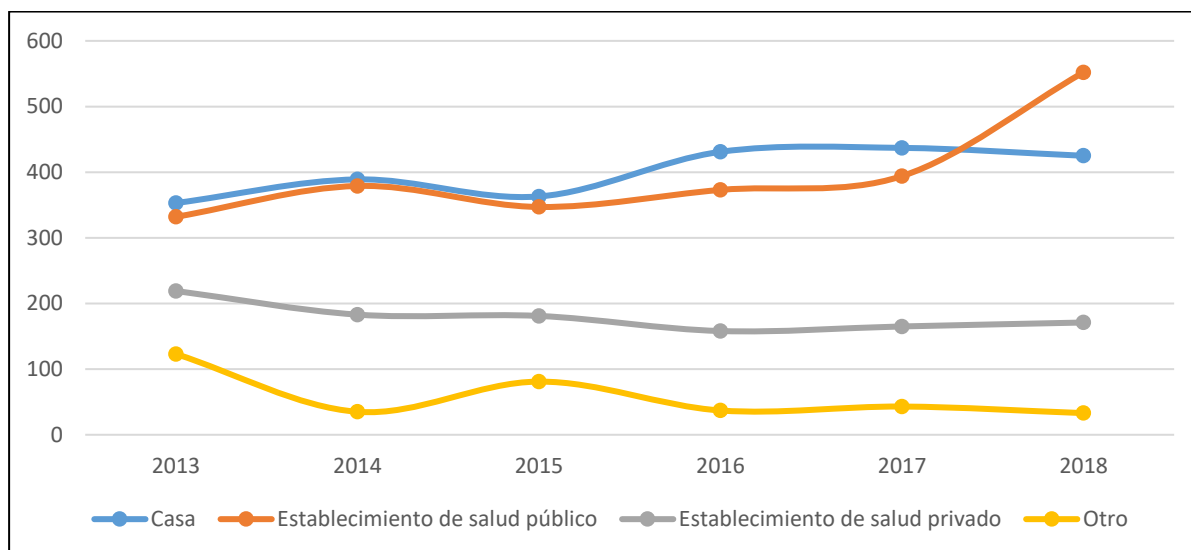
Año	Fallecidos por enfermedades respiratorias [A]	Número total de muertes [B]	% fallecidos por enfermedades respiratorias [A/B x 100]	Población quiteña [C]	Tasa de mortalidad (por 10.000 habitantes) [A/C x 10.000]
2013	1.027	8.753	11,7%	2.458.900	4,2
2014	986	8.869	11,1%	2.505.344	3,9
2015	972	9.010	10,8%	2.551.721	3,8
2016	999	9.485	10,5%	2.597.989	3,8
2017	1.039	10.255	10,1%	2.644.145	3,9
2018	1.181	10.733	11,0%	2.690.150	4,4

Fuente: Base de Defunciones Generales - INEC

Elaboración: Carlos Velasco

Al analizar la información del lugar de ocurrencia de los fallecimientos por enfermedades respiratorias, se puede observar que la mayor proporción ocurre en la casa y establecimientos de salud público, en promedio suman el 76% del total en el periodo analizado. Para el año 2018, se puede observar que existe un incremento de las muertes ocurridas en unidades médicas públicas, superando a los fallecimientos ocurridos en casa.

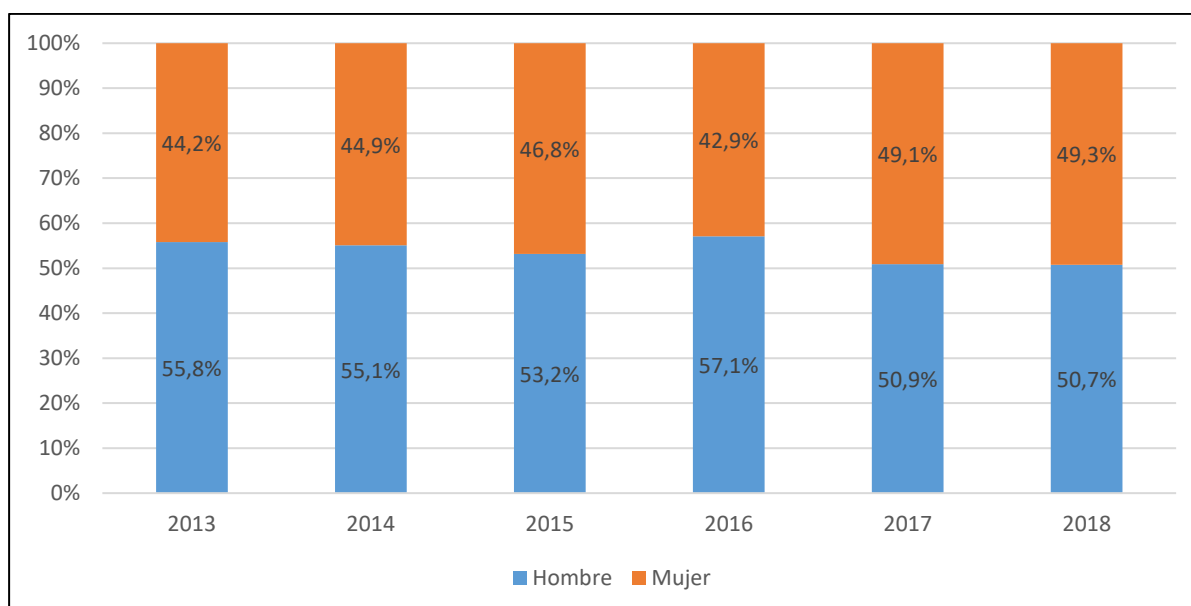
Gráfico 25. Muertes por enfermedades respiratorias en Quito – Lugar de ocurrencia
Período: 2013 – 2018



Fuente: Base de Defunciones Generales - INEC
Elaboración: Carlos Velasco

Al analizar el sexo de las personas que fallecieron, se puede observar que los hombres superan ligeramente a las mujeres. Esta diferencia se acorta mucho en el año 2018, cuando 595 personas que fallecieron fueron hombres y 512 fueron de mujeres.

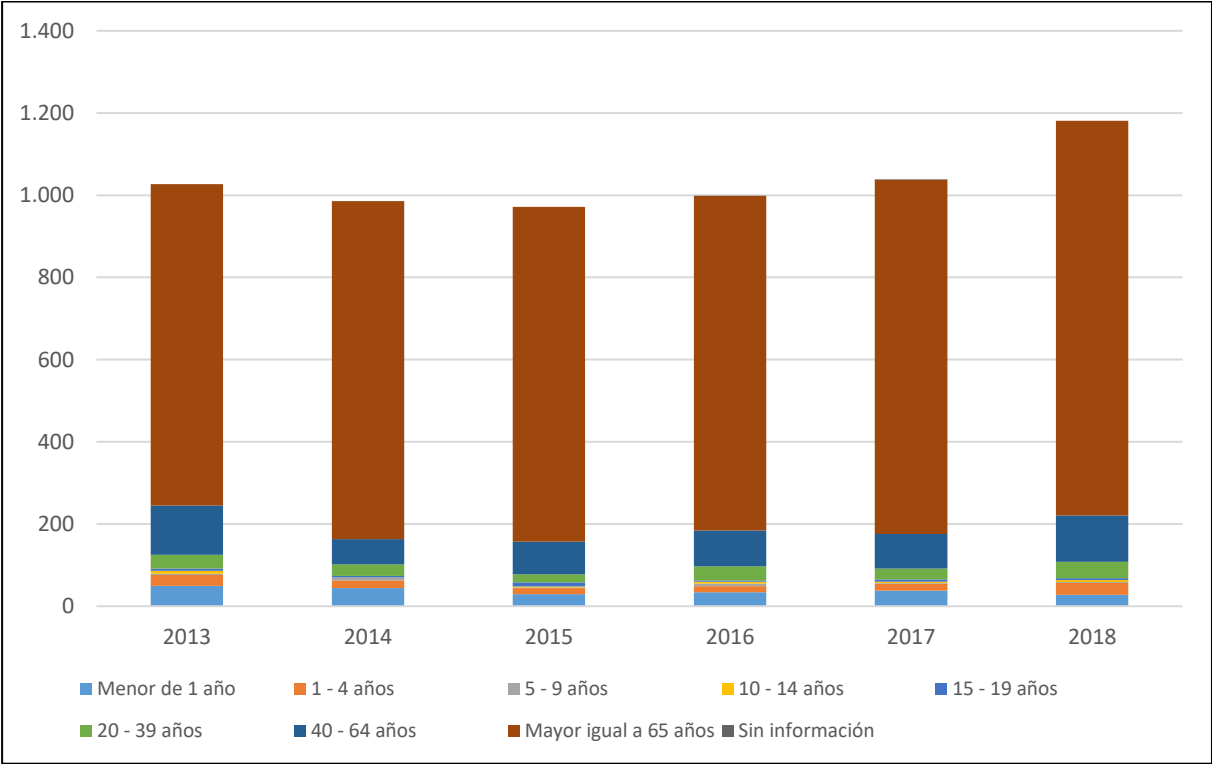
Gráfico 26. Muertes por enfermedades respiratorias en Quito – Sexo
Período: 2013 – 2018



Fuente: Base de Defunciones Generales - INEC
Elaboración: Carlos Velasco

El análisis de la mortalidad por grupos etarios, cambia drásticamente respecto a la morbilidad; ya que, se puede observar que la mayor parte de muertes se concentra en personas con edades mayores o iguales a 65 años, seguido del grupo etario de 40 – 64 años. Siendo estos grupos, los que reflejan la mayor letalidad por este tipo de enfermedad.

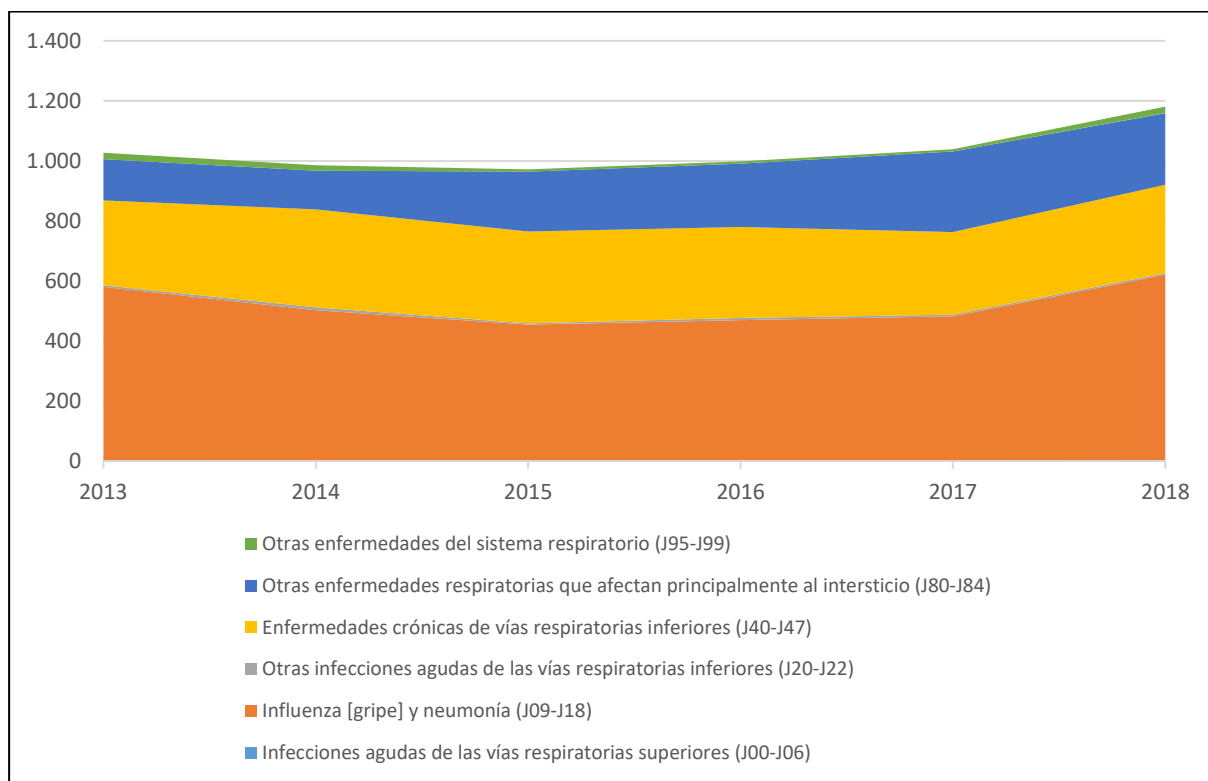
Gráfico 27. Muertes por enfermedades respiratorias en Quito – Grupos etarios
Período: 2013 – 2018



Fuente: Base de Defunciones Generales - INEC
Elaboración: Carlos Velasco

En el análisis de los sub-capítulos pertenecientes al Capítulo X del CIE-10, se puede observar que las causas de mortalidad no tienen tanta desagregación como la morbilidad. No obstante, se vuelve a repetir el patrón, y el mayor porcentaje de fallecimientos se producen debido a “Influenza [gripe] y neumonía (J09-J18)”, seguido de “Enfermedades crónicas de vías respiratorias inferiores (J40-J47)”.

Gráfico 28. Muertes por enfermedades respiratorias en Quito – Subcapítulos CIE10
Período: 2013 – 2018



Fuente: Base de Defunciones Generales - INEC

Elaboración: Carlos Velasco

4.3. Impuestos ambientales

Los impuestos o tributos, forman parte de las políticas fiscales a las que puede un país normar con el principal propósito de financiar al Estado; no obstante, pueden tener connotaciones para desincentivar ciertas prácticas que contribuyen a que se incrementen las externalidades negativas; o a su vez, otras pueden incentivar acciones que contribuyen al bienestar de la población.

En cuestiones ambientales, según Murillo (2018), en el Ecuador existe un gran respaldo normativo, comenzando por la Constitución de la República del Ecuador aprobada en el año 2008, que reconoce los derechos hacia la naturaleza y el medio ambiente. En cuanto a normativa más específica, históricamente se lo planteó desde 1976 con la aprobación de la Ley de Prevención y Control de la Contaminación Ambiental, para 1999 entra en vigencia la Ley de Gestión Ambiental, en la que se reconoce como autoridad ambiental al Ministerio del Ambiente

y que deberá trabajar conjuntamente con el Ministerio de Salud en la aplicación de dicha legislación.

Además, con esta normativa el Ministerio del Ambiente como la autoridad ambiental, puede delegar funciones a los municipios de cada ciudad. Sin embargo, los impuestos ambientales se los plantea en el año 2011 con la Ley de Fomento Ambiental y Optimización de los Ingresos del Estado, la cual se centró en el impuesto Ambiental a la contaminación vehicular e impuesto redimible a las botellas plásticas no retornables.

Debido al objeto del presente estudio y al periodo de tiempo analizado, se considerará los impuestos relacionados con la contaminación vehicular que afectarían directamente a los niveles de la contaminación atmosférica, como se pudo observar en el análisis de la calidad del aire en Quito.

Según el SRI (2019), el impuesto ambiental a la contaminación vehicular (IACV) es un impuesto dirigido a los propietarios de vehículos motorizados terrestres, que grava a la contaminación ambiental producida por estos. Se lo calcula considerando el cilindraje del vehículo y un factor de ajuste de acuerdo a la antigüedad del mismo, de la siguiente manera:

Para el cálculo del (IACV) se tomará en cuenta tanto el cilindraje como los años de antigüedad del vehículo. En ningún caso el valor del impuesto a pagar será mayor al valor correspondiente al 40% del avalúo del vehículo, en el año al que corresponda el pago del referido impuesto.

La fórmula para calcular el IACV es la siguiente: $IACV = [(b - 1500) t] (1+FA)$

Donde:

*b= Base imponible (cilindraje en centímetros cúbicos)

*t= Valor de imposición específica

*FA= Factor de ajuste (SRI, 2019).

Tabla 7. Cilindraje y Factor de ajuste para el cálculo del IACV

No.	Tramo cilindraje - Automóviles y motocicletas (b)*	\$ / cc. (t)*
1	Menor a 1.500 cc	0,00
2	1.501 - 2.000 cc	0,08
3	2.001 - 2.500 cc	0,09
4	2.501 - 3.000 cc	0,11
5	3.001 - 3.500 cc	0,12
6	3.501 - 4.000 cc	0,24
7	Más de 4.000 cc	0,35

No.	Tramo de Antigüedad (años) - Automóviles	Factor de ajuste (FA)
1	Menor a 5 años	0%
2	De 5 a 10 años	5%
3	De 11 a 15 años	10%
4	De 16 a 20 años	15%
5	Mayor a 20 años	20%
6	Híbridos	-20%

Fuente: Ley de Fomento Ambiental y Optimización de los Ingresos del Estado

Hay que realizar un par de acotaciones, en la segunda disposición transitoria de la mencionada ley (2011) se especifica que:

Los vehículos de transporte terrestre de motor mayor a 2500 centímetros cúbicos y, de una antigüedad de más de 5 años, contados desde el respectivo año de fabricación del vehículo, tendrán una rebaja del 80% del valor del correspondiente impuesto a la contaminación vehicular a pagar, durante 3 años contados a partir del ejercicio fiscal en el que se empiece a aplicar este impuesto.

Además, en el año 2015 mediante la Ley Orgánica de Incentivos para Asociaciones Público Privadas en la Disposición Transitoria: “se amplía la duración de la rebaja del 50% del valor del IACV a pagar hasta el año 2018, para vehículos cuyo cilindraje sea mayor a 2500 centímetros cúbicos y que tenga más de cinco años de antigüedad” (SRI, 2019). Es decir, que durante 2012, 2013 y 2014 el descuento para este segmento de vehículos fue del 80%; a partir del año 2015 hasta 2018, se aplicó una rebaja del 50%.

Para ejemplificar el cálculo del IACV y estimar de una manera general los valores del mismo, sin considerar el avalúo del vehículo ni las disposiciones transitorias antes mencionadas, se ha realizado una tabla con algunos ejemplos tomando en cuenta las variaciones en el cilindraje, la antigüedad del vehículo y el tipo de combustible, en el que se puede observar que la fórmula proporcionada por la ley, genera la carga impositiva no solamente por la cantidad de combustible que consume de acuerdo al cilindraje; sino también, considerando el supuesto de que las tecnologías nuevas serían más eficientes.

Tabla 8. Ejemplo de cálculo del IACV

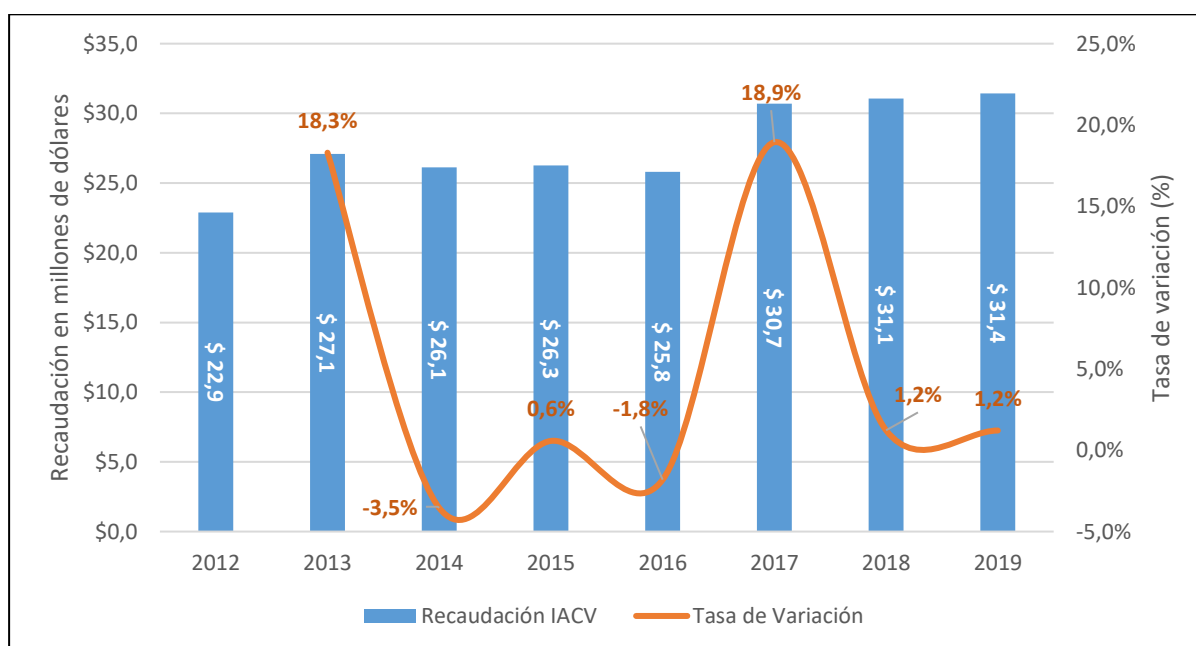
Año de cálculo	Cilindraje	Año del modelo	Antigüedad	Combustible	IACV
2018	1.000 cc	2015	3 años	Gasolina / Diésel	\$ 0,00
2018	2.000 cc	1997	21 años	Gasolina / Diésel	\$ 48,00
2018	2.250 cc	2014	4 años	Gasolina / Diésel	\$ 67,50
2018	3.000 cc	2005	13 años	Gasolina / Diésel	\$ 181,50
2018	3.500 cc	2016	2 años	Gasolina / Diésel	\$ 240,00
2018	4.000 cc	2000	18 años	Gasolina / Diésel	\$ 690,00
2018	1.600 cc	2016	2 años	Híbrido	\$ 6,40

Fuente: Ley de Fomento Ambiental y Optimización de los Ingresos del Estado

Elaboración: Carlos Velasco

En el Gráfico 29 se observa cómo evolucionó la recaudación del IACV en Quito, según los datos proporcionados por el SRI y considerando que el impuesto entró en vigencia el año 2012. En el periodo 2012 – 2018, el promedio anual de recaudación fue de \$27,13 millones de USD; siendo los años 2013 y 2017 en los que existe un crecimiento superior al 18%. En el periodo 2014 – 2016, se puede observar una recaudación por debajo del resto de años a excepción del año 2012; puede explicarse por la aplicación de las disposiciones transitorias mencionadas con anterioridad, en las que se realizan rebajas a los impuestos adjudicados a vehículos cuyo cilindraje era mayor a 2500 centímetros cúbicos y que tenía más de cinco años de antigüedad.

Gráfico 29. Recaudación del IACV en Quito
Período: 2012 – 2018



Fuente: Recaudación de impuestos por cantón – SRI

Elaboración: Carlos Velasco

En el análisis se trató de evidenciar la evolución de los vehículos motorizados que circulan en Quito; que ayudaría a realizar un contraste descriptivo con respecto a la recaudación del IACV. Lamentablemente la información disponible, corresponde a Anuarios de Estadística de Transporte publicada por el INEC, en la que se encuentra vehículos matriculados proveniente de los registros administrativos de la Agencia Nacional de Tránsito. Dicha información presenta algunas limitaciones, porque no existe una desagregación a nivel de cantón, sino solamente hasta provincia; sin embargo, en el 2019 el total de vehículos motorizados matriculados en Quito representó alrededor del 89% del total de matriculados en la provincia de Pichincha¹². Por lo tanto, es una buena referencia para realizar un análisis descriptivo.

Se pudo observar a breves rasgos que la mayoría de vehículos matriculados son de uso particular, en todo el periodo analizado representan el 92,2% del total de vehículos motorizados matriculados en la provincia de Pichincha. En cuanto al tipo de combustible usado, se pudo verificar que alrededor del 11% de los vehículos usan Diesel y un 88% utilizan Gasolina. Así mismo, al analizar la clase de vehículo, se observa que un 64% son categorizados como Automóvil, Jeep o SUV; seguido de un 17% de Camionetas y 10% de Motocicletas.

Tabla 9. Vehículos matriculados en la provincia de Pichincha
Período: 2013 – 2018

Año	Número de vehículos
2013	389.932
2014	429.537
2015	492.568
2016	733.269
2017	511.782
2018	540.827

Fuente: Anuarios de Estadística de Transporte – INEC
Elaboración: Carlos Velasco

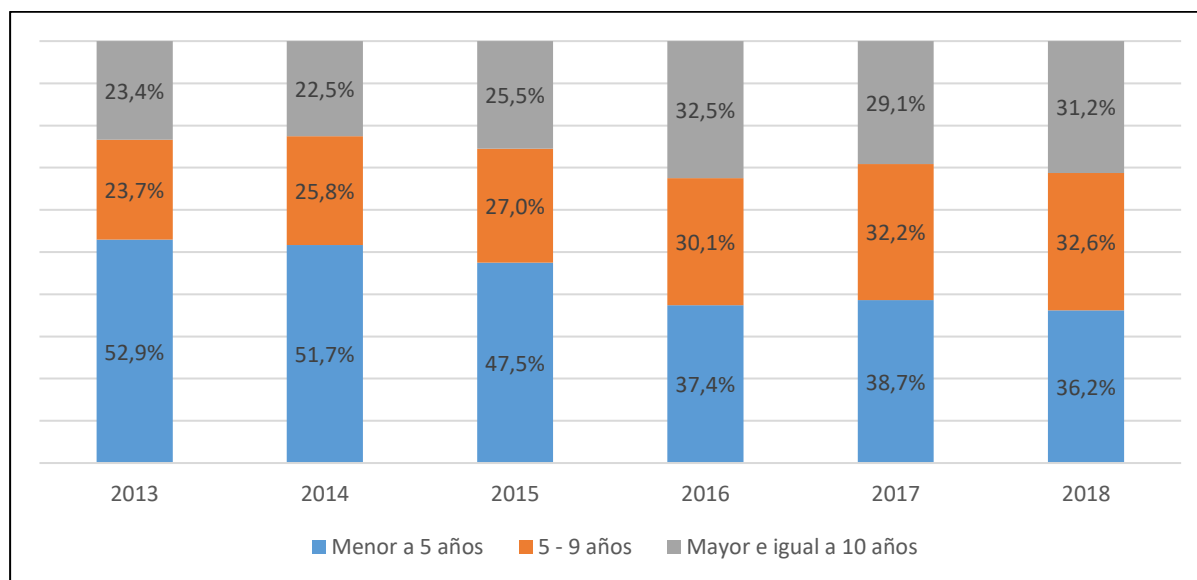
Como se puede observar en el Gráfico 30, entre el 2013 y 2018, la mayor cantidad de vehículos matriculados en la provincia de Pichincha tuvieron una antigüedad menor a 5 años. Claro que el porcentaje de este segmento de vehículos va disminuyendo según pasa el tiempo, debido a

¹² Revisar:

- <http://www.quitoinforma.gob.ec/2020/01/10/465-908-vehiculos-fueron-matriculados-en-el-2019/>
- https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas_Economicas/Estadistica%20de%20Transporte/2019/2019_BOLETIN_ANET.pdf

que los modelos de años anteriores se van acumulando al momento de matricularlos, es la razón por la que pasan de representar 52,9% de vehículos a motor matriculados en 2013, a ser el 36,2% en el año 2018.

Gráfico 30. Vehículos matriculados en la provincia de Pichincha por rangos de antigüedad
Período: 2013 – 2018



Fuente: Anuarios de Estadística de Transporte – INEC

Elaboración: Carlos Velasco

Un dato importante es la compra de vehículos nuevos, los cuales se pueden verificar en las estadísticas del SRI que recopila la información de vehículos motorizados comprados en un local comercial o importado directamente por el propietario. A diferencia de las estadísticas de los vehículos matriculados, esta información está desagregada a nivel de cantón y se pudo analizar solamente las estadísticas de la ciudad de Quito.

Tabla 10. Vehículos nuevos en Quito: Compra en local o Importación directa
Período: 2013 – 2018

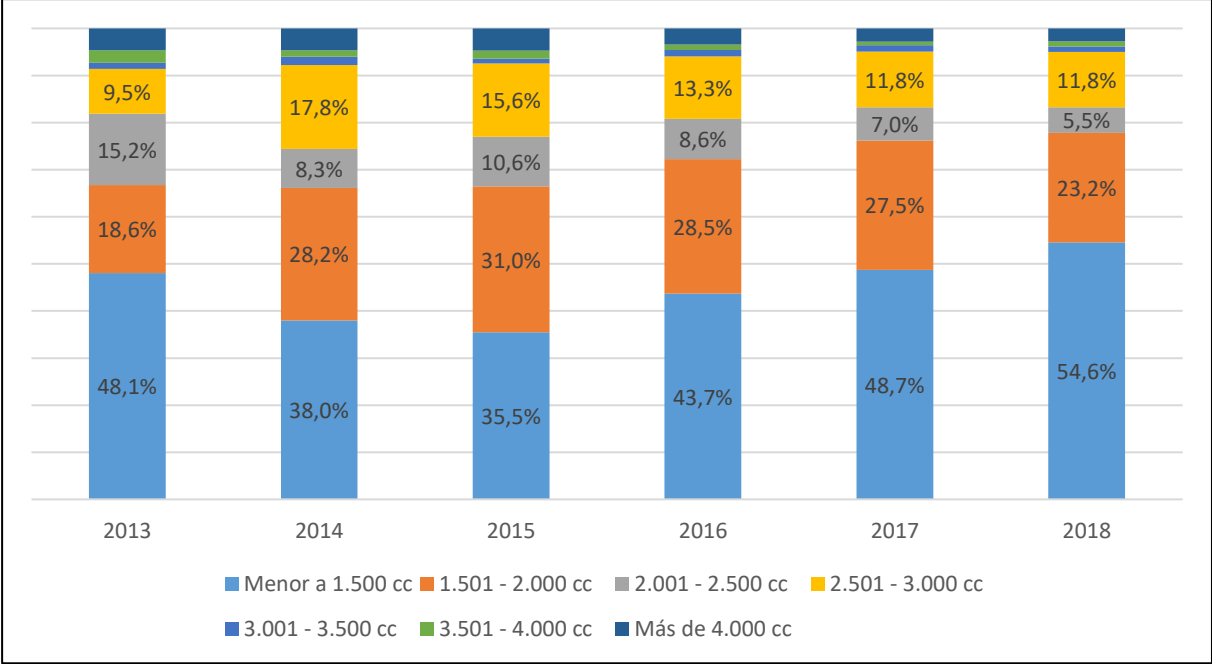
Año	Número de vehículos
2013	4.915
2014	4.591
2015	32.944
2016	33.764
2017	68.609
2018	91.534

Fuente: SRI

Elaboración: Carlos Velasco

Como se explicó con anterioridad el Impuesto Ambiental a la Contaminación Vehicular, no solamente evaluaba los años de antigüedad sino también el cilindraje. En las estadísticas de matriculación no se contaba con esa información; por lo tanto, fue muy importante el análisis de los vehículos nuevos. Como se puede observar, la proporción de vehículos motorizados según su cilindraje ha cambiado con el tiempo, esto denota un cambio en las preferencias de los consumidores. La mayor parte de vehículos nuevos tienen un cilindraje menor a 1.500cc, seguido de los vehículos con un cilindraje comprendido entre 1.501 y 2.000cc. Los vehículos cuyo cilindraje se encuentra entre 2.501 y 3.000cc se encuentran en un tercer lugar, alrededor del 70% de estos vehículos se los cataloga como camionetas.

Gráfico 31. Vehículos nuevos en Quito: Compra en local o Importación directa, por cilindraje
Período: 2013 – 2018



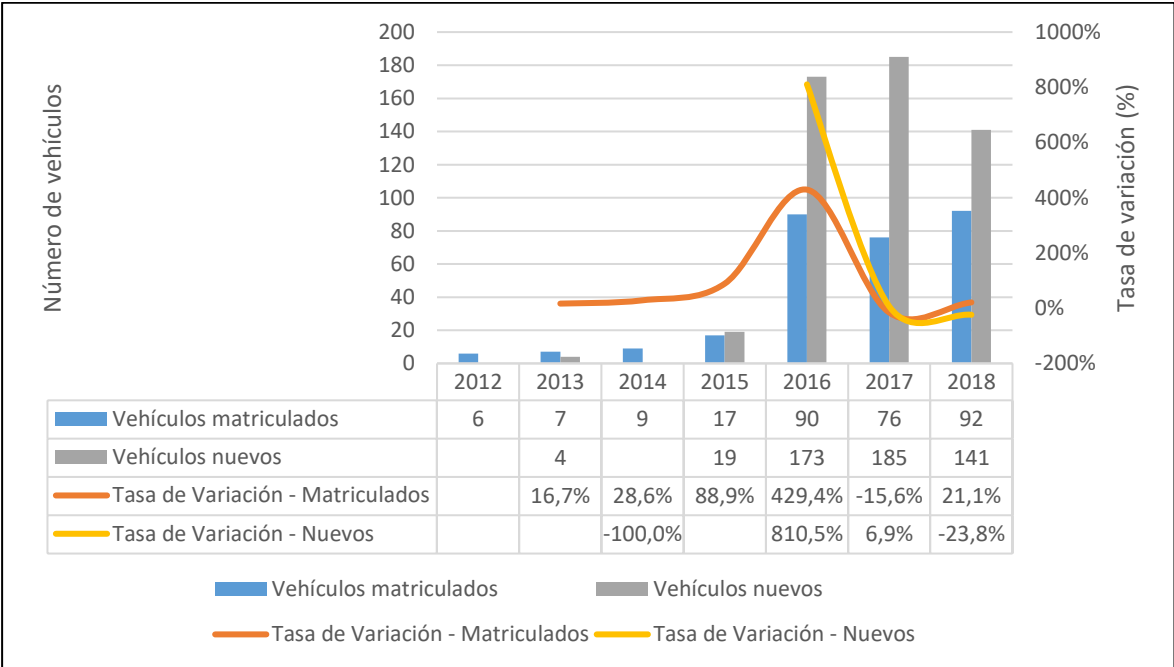
Fuente: SRI
Elaboración: Carlos Velasco

Hablando de las preferencias de los consumidores y las políticas fiscales de incentivos por parte del gobierno, es importante evaluar cómo se han incrementado la compra de vehículos que usan combustibles alternativos como son los vehículos eléctricos e híbridos. Lamentablemente al comparar con el total de automóviles motorizados, los vehículos híbridos y eléctricos no representan un porcentaje significativo. Sin embargo, al comparar las estadísticas anuales para

cada uno de estos vehículos se puede visualizar que existe un creciente interés por adquirir este tipo de vehículos entre los quiteños.

En el Gráfico 32, se puede visualizar que en el año 2016 existió un crecimiento importante en los vehículos eléctricos matriculados en Pichincha (429,4%) y vehículos eléctricos nuevos en Quito (810,5%). Si bien para los otros años, este crecimiento ha decaído de manera importante, se puede observar que existe un nicho de mercado que puede ser incentivado por nuevas políticas y por nuevas estrategias por parte de los concesionarios de vehículos.

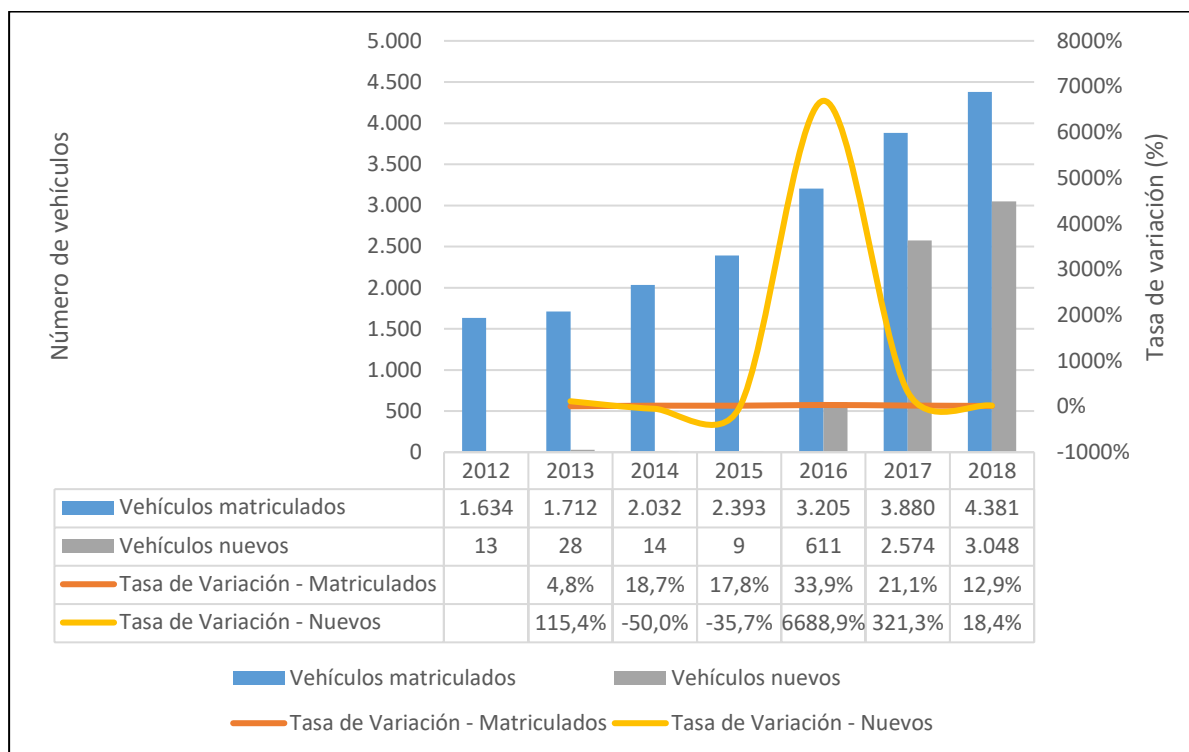
Gráfico 32. Vehículos eléctricos matriculados en Pichincha y nuevos en Quito
Período: 2012 – 2018



Fuente: INEC / SRI
Elaboración: Carlos Velasco

En cuanto a los vehículos híbridos, se puede visualizar que en el año 2016 hay un crecimiento importante sobre todo en la compra de autos nuevos, llegando a incrementarse en un 6.688,9% respecto al año 2015. Pero se puede observar que existe un mercado mejor consolidado comparado con el de los vehículos eléctricos, ya que las cifras corrientes son mayores y la tasa de variación mantiene su tendencia creciente en el periodo analizado.

Gráfico 33. Vehículos híbridos matriculados en Pichincha y nuevos en Quito
Período: 2012 – 2018



Fuente: INEC / SRI

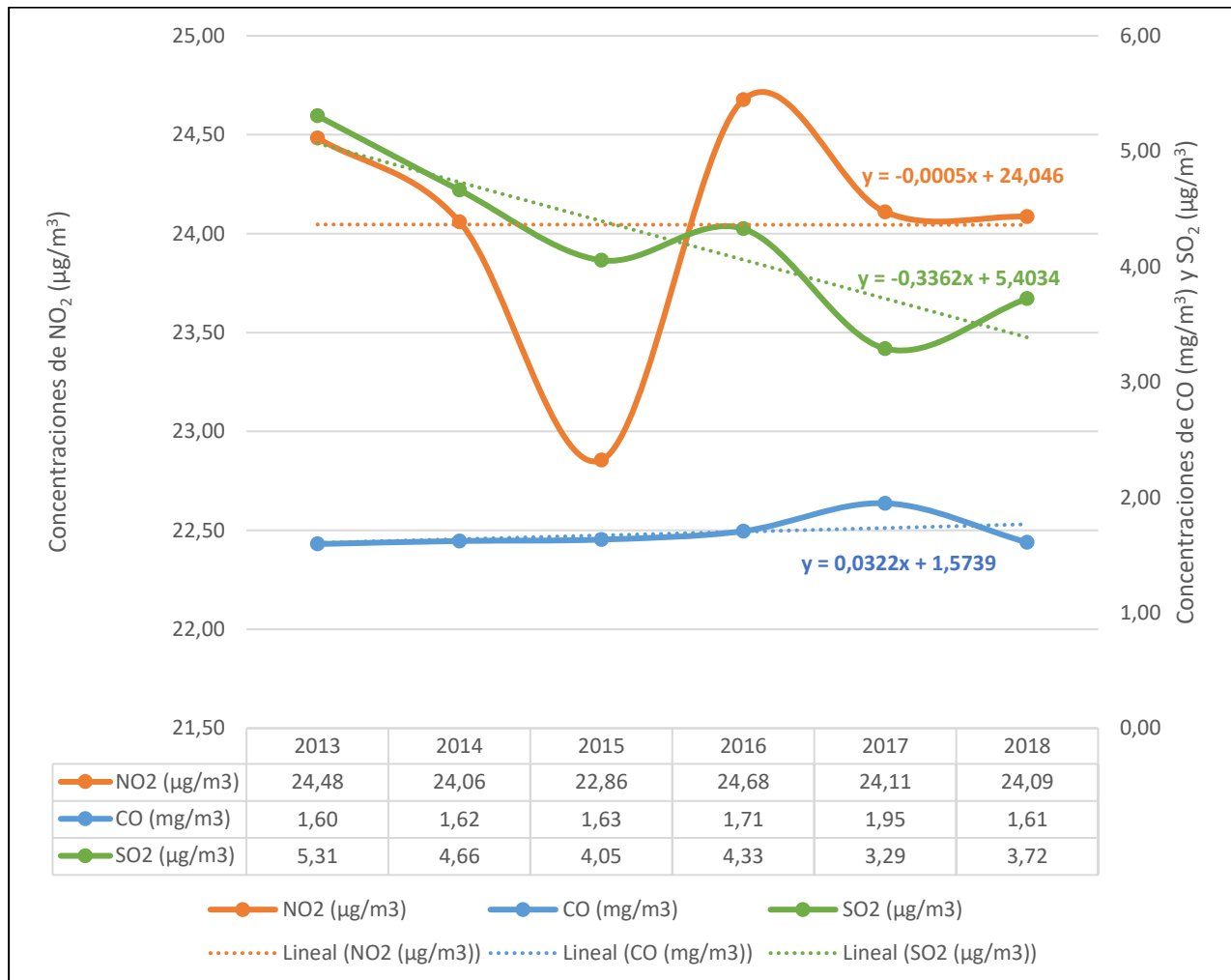
Elaboración: Carlos Velasco

Para finalizar, es importante retomar el análisis de la calidad del aire en Quito realizado en la sección 3.1. Los contaminantes relacionados con la contaminación vehicular son el NO₂, SO₂ y CO; y, en el Gráfico 34 se puede visualizar como ha fluctuado cada año el promedio anual de NO₂ (µg/m³), SO₂ (µg/m³) y promedio anual de concentraciones máximas octohorarias de CO (mg/m³) en la ciudad de Quito.

Al considerar las líneas de tendencia lineal para el análisis anual de las concentraciones de contaminantes consideradas, se puede observar que solamente el SO₂ presenta una tendencia muy marcada hacia el decrecimiento (pendiente de la línea de tendencia: -0,3362). Por otro lado, las concentraciones del NO₂ tienden a estabilizarse en el tiempo, ya que la pendiente de la línea de tendencia es negativa, pero tiende a cero (-0,005). Algo similar ocurre con la línea de tendencia de las concentraciones CO, ya que la pendiente de la recta es positiva pero su valor se aproxima a cero (0,0322). Así mismo, en el último tramo del periodo analizado se puede observar que la concentración de SO₂ pasa de 3,29 µg/m³ en el año 2017 a 3,72 µg/m³ en el año

2018. Por el contrario, las concentraciones de NO₂ disminuyen ligeramente de 24,11 a 24,09 μg/m³; así mismo, las concentraciones de CO disminuyen de 1,95 a 1,61 mg/m³.

**Gráfico 34. Promedio anual de NO₂ (μg/m³), SO₂ (μg/m³) y promedio anual de concentraciones máximas octohorarias de CO (mg/m³) en la ciudad de Quito
Período: 2013 – 2018**



Fuente: Secretaría de Ambiente del MDMQ

Elaboración: Carlos Velasco

Sin embargo, todo este análisis descriptivo solamente servirá para evaluar los efectos del impuesto mientras fue aplicado; ya que, en el año 2019, desde la Asamblea Nacional se aprueba la Ley Derogatoria al Impuesto Ambiental a la Contaminación Vehicular, en la cual se elimina el cobro del IACV.

También, es importante mencionar que la Ley de Fomento Ambiental y Optimización de los Ingresos del Estado, contemplaba otros incentivos para el uso de vehículos híbridos, como era la exención del pago del IVA y del ICE:

Artículo 3.- En el número 14 del artículo 55 de la Ley de Régimen Tributario Interno, luego de la palabra –híbridos-, añádase: -o eléctricos, cuya base imponible sea de hasta USD 35.000. En caso de que exceda este valor, gravarán IVA con tarifa doce por ciento (12%).

Artículo 11.- Elimínese del artículo 77 de la Ley de Régimen Tributario Interno, lo siguiente: “los vehículos híbridos”.

No obstante, a partir del 21 de agosto de 2018 entró en vigencia la Ley Orgánica para el Fomento Productivo, Atracción de Inversiones, Generación de Empleo, Estabilidad y Equilibrio Fiscal; mediante la cual, solamente los vehículos eléctricos tienen este incentivo tributario.

Hablando de incentivos a los automóviles eléctricos e híbridos, no todo está perdido; ya que desde la Secretaría de Movilidad Municipio del Distrito Metropolitano de Quito se ha aprobado la Resolución No. SM-2021-021¹³ del 15 de febrero de 2021, que expide el instructivo para la implementación del Plan de Restricción y Regularización de circulación vehicular denominado “Hoy no Circula”, que en su artículo 9 establece lo siguiente:

Art. 9.- Plan de restricción y regulación vehicular.- Se establece el plan de restricción y regulación de circulación vehicular denominado "Hoy no Circula " («Plan Hoy no Circula»), que consiste en la prohibición de circulación dentro del área urbana de la ciudad de Quito (mapa adjunto), salvo las vías pertenecientes a la red vial estatal, regional y provincial y que conectan la ciudad con otros cantones o provincias, para el grupo de vehículos automotores seleccionados en función de último dígito de su placa, durante dos días laborables de la semana, entre las 06h00 y las 20h00.

¹³ Revisar: https://secretariademovilidad.quito.gob.ec/images/2021/02/03_hoy_no_circula/resolucion_sm-2021-021-signed.pdf

El Plan Hoy no Circula tendrá aplicación general para todos los vehículos automotores, salvo aquellos excepcionados en el régimen jurídico aplicable y aquellos a los que, de conformidad con esta resolución, aplique una programación de restricción especial.

Sin embargo, en el artículo 11 se excluyen de dicha medida a los vehículos eléctricos e híbridos, “que acrediten dicha tipología en la matrícula o Renovación Anual del Permiso de Circulación”. Si bien la medida surge en respuesta a dos problemas; por un lado, el control del tráfico vehicular; y por otro, debido a la pandemia actual; este tipo de políticas, ayudan como un incentivo para que cambien las preferencias de los usuarios de vehículos privados en la ciudad de Quito.

4.4. Análisis económico ambiental en base a la morbilidad y mortalidad

En esta sección se tratará de realizar una aproximación a los valores económicos que muchas veces no son visibilizados pero que la sociedad quiteña podría perder, debido a las diferentes complicaciones producto de las enfermedades respiratorias. Debido a la disponibilidad de información, en algunos casos se utilizarán ciertos supuestos y se debe aclarar que se generará una estimación muy general de los valores monetarios.

Años de vida potencialmente perdidos

Con la información de mortalidad que se presentó con anterioridad, se puede calcular los años de vida potencialmente perdidos (AVPP), que es un indicador que se relaciona mucho con la mortalidad, ya que expresa el número de años que dejan de vivir las personas que murieron por causas relacionadas con enfermedades respiratorias, para lo cual se considera la esperanza de vida de la población. Es muy útil para estimar la edad prematura al morir y cuantos años productivos pierde la sociedad (Ministerio de Salud Pública de Cuba, 2010).

Es importante, considerar que la esperanza de vida “es un indicador que mide el promedio de años que se esperaría que una persona viva, basado en el nivel de mortalidad de un determinado grupo de población” (Quiroa, 2020). Al revisar las estimaciones realizadas por el INEC, se puede verificar que este indicador varía según la ubicación geográfica y el sexo. Para el actual

estudio se decidió utilizar la información de la provincia de Pichincha desagregada para hombres y mujeres, con la finalidad de que exista una mejor aproximación a la realidad.

Tabla 11. Esperanza de vida por sexo y año en la provincia de Pichincha
Período: 2013 – 2018

Año	Esperanza de vida (años)	
	Hombres	Mujeres
2013	74,5	79,6
2014	74,7	79,8
2015	74,9	80,0
2016	75,1	80,1
2017	75,3	80,3
2018	75,4	80,5

Fuente: INEC
Elaboración: Carlos Velasco

Además, se cuenta con la ventaja de que la base de defunciones tiene registros a nivel de persona; consecuentemente, el cálculo de los AVPP será más exacto, debido a que se puede aplicar la fórmula directamente, evitando usar promedios por grupos etarios, de la siguiente manera:

$$AVPP = \sum (EV_s - EP)$$

Donde:

AVPP: Años de vida potencial perdidos por sexo, grupo etario y año

EVs: Esperanza de vida por sexo, grupo etario y año de la provincia de Pichincha

EP: Edad del paciente

Para el cálculo de este indicador, solamente se considerará a la población mayor de 15 años que es la que se considera como parte la PEA¹⁴ según la ENEMDU; y, se presentará usando nuevos grupos etarios sin considerar los ciclos de vida, como se realizó en las anteriores secciones en las que se analizaba el estado de salud de la población. Se debe considerar que, pueden existir

¹⁴ “**Población económicamente activa (PEA):** Son todas las personas de 15 años y más que trabajaron al menos una hora en la semana de referencia o, aunque no trabajaron, tuvieron trabajo (ocupados), o bien aquellas personas que no tenían empleo, pero estaban disponibles para trabajar y buscan empleo (desempleados)” (INEC, 2018).

personas cuya edad al fallecer sea superior a la esperanza de vida; en el cálculo de los AVPP, esta diferencia se la considerará como un valor equivalente a cero.

Como se esperaba los AVPP varían mucho dependiendo del año, sexo y grupo etario; en la Tabla 12 se puede observar en los registros de hombres que mientras más se atenúa el color verde se visualizan los valores más altos, lo mismo en las cifras de mujeres, pero con el color rojo. Al considerar solamente el año 2018, se observa que en los hombres la mayoría de AVPP se concentran en el grupo con edades mayores a 60 años; por el contrario, en las mujeres la mayor parte de AVPP pertenece al grupo de 40 a 49 años.

**Tabla 12. AVPP en Quito por enfermedades respiratorias
Período: 2013 – 2018**

Grupos etarios - PEA	2013		2014		2015		2016		2017		2018	
	Hombre	Mujer	Hombre	Mujer	Hombre	Mujer	Hombre	Mujer	Hombre	Mujer	Hombre	Mujer
15 - 19 años	174,5	187,8	0,0	248,2	349,4	249,0	115,2	62,1	177,9	125,6	179,2	62,5
20 - 29 años	247,5	169,8	344,9	164,4	253,5	0,0	503,0	106,2	491,0	156,9	591,8	286,5
30 - 39 años	689,0	318,2	480,4	263,8	480,8	134,0	653,6	273,6	489,6	91,6	461,8	496,5
40 - 49 años	745,0	324,4	138,5	205,8	545,2	138,0	589,9	170,5	279,7	270,4	361,8	733,5
50 - 59 años	592,0	418,2	439,7	121,0	401,1	192,0	574,8	303,2	682,2	241,0	571,2	442,5
Mayor igual a 60 años	606,5	783,8	469,0	653,6	587,8	665,0	651,5	501,8	493,3	800,5	679,8	726,5
Total por sexo	3.054,5	2.202,2	1.872,5	1.656,8	2.617,8	1.378,0	3.088,0	1.417,4	2.613,7	1.686,0	2.845,6	2.748,0
Total por año	5.256,7		3.529,3		3.995,8		4.505,4		4.299,7		5.593,6	

Fuente: Base de Defunciones Generales – INEC

Elaboración: Carlos Velasco

Tasa de años de vida potencialmente perdidos

Para tener una mejor interpretación de este indicador se puede calcular la Tasa de AVPP, que se obtiene dividiendo los AVPP para la población estudiada, en este caso para la PEA de la ciudad de Quito. Para identificar a la PEA se utilizó la ENEMDU, que es la Encuesta Nacional Empleo, Desempleo y Subempleo que el INEC la realiza trimestralmente a los hogares considerados en el diseño muestral, con la finalidad de analizar el mercado laboral en el Ecuador (INEC, 2018).

Debido a la metodología usada, se tiene una representatividad en la ciudad de Quito; consecuentemente, se identificó solamente la PEA que forma parte de esta ciudad, considerando la codificación DPA para cantón “1701”. Como se observar en al Tabla 13, la PEA de la ciudad

de Quito supera el millón de personas, siendo las edades comprendidas entre 20 y 49 años las que tienen la mayor proporción de esta población.

Tabla 13. PEA de la ciudad de Quito
Período: 2013 – 2018

Grupos etarios - PEA	2013		2014		2015		2016		2017		2018	
	Hombre	Mujer	Hombre	Mujer	Hombre	Mujer	Hombre	Mujer	Hombre	Mujer	Hombre	Mujer
15 - 19 años	22.473	13.356	13.201	11.467	10.758	8.791	12.470	13.926	19.259	10.574	18.361	8.097
20 - 29 años	153.251	107.863	133.046	112.340	147.170	112.228	159.619	135.873	139.451	114.060	158.401	110.377
30 - 39 años	156.628	133.937	165.664	141.464	175.791	142.009	173.666	141.827	150.235	127.961	170.144	159.384
40 - 49 años	141.161	118.785	133.843	114.115	134.688	110.148	139.731	111.128	136.768	99.954	166.935	128.712
50 - 59 años	96.015	84.691	78.391	74.611	90.930	64.548	96.750	78.790	84.927	72.661	109.563	101.134
Mayor igual a 60 años	62.832	37.059	54.211	32.159	48.748	35.828	52.793	37.647	37.824	24.629	72.534	45.188
Total por sexo	632.360	495.691	578.356	486.156	608.085	473.552	635.029	519.191	568.464	449.839	695.938	552.892
Total por año	1.128.051		1.064.512		1.081.637		1.154.220		1.018.303		1.248.830	

Fuente: ENEMDU – INEC

Elaboración: Carlos Velasco

Una vez obtenido las cifras de la PEA por sexo y año, se puede calcular la Tasa de AVPP de la siguiente manera:

$$Tasa\ AVPP = \frac{AVPP}{PEA}$$

Donde:

Tasa AVPP: Tasa de años de vida potencial perdidos por sexo, grupo etario y año

AVPP: Años de vida potencial perdidos por sexo, grupo etario y año

PEA: Población Económicamente Activa de la ciudad de Quito por sexo, grupo etario y año

Al analizar la Tasa AVPP, se puede estandarizar las cifras ya que se está contrastando con el total de la PEA, y se ve claramente que los AVPP más altos por cada 100 mil personas de la PEA, tanto para hombres como mujeres, se ubican en los grupos de 15 a 19 años y los mayores o iguales a 60 años.

Tabla 14. Tasa AVPP por 100.000 personas de la PEA de Quito por enfermedades respiratorias
Período: 2013 – 2018

Grupos etarios - PEA	2013		2014		2015		2016		2017		2018	
	Hombre	Mujer	Hombre	Mujer	Hombre	Mujer	Hombre	Mujer	Hombre	Mujer	Hombre	Mujer
15 - 19 años	776,5	1.406,1	0,0	2.164,5	3.247,8	2.832,4	923,8	445,9	923,7	1.187,8	976,0	771,9

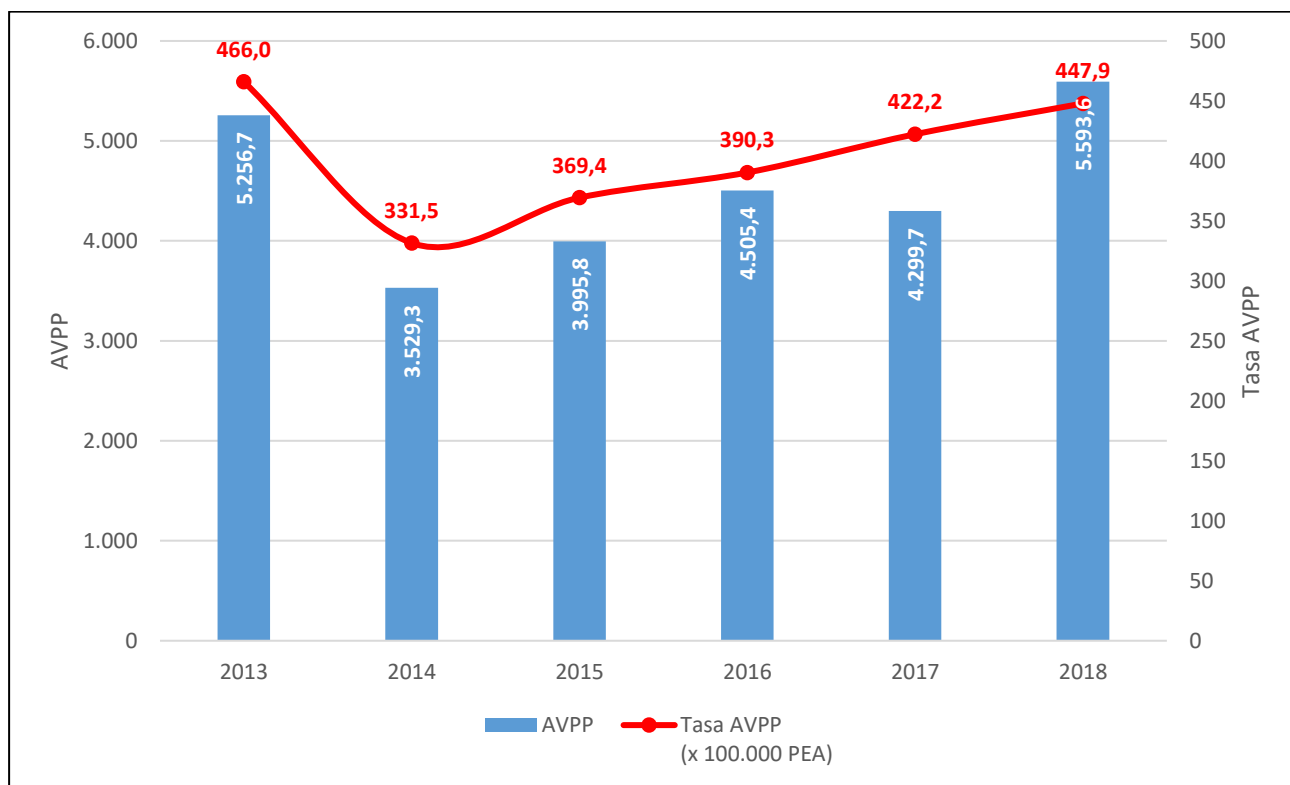
Grupos etarios - PEA	2013		2014		2015		2016		2017		2018	
	Hombre	Mujer	Hombre	Mujer	Hombre	Mujer	Hombre	Mujer	Hombre	Mujer	Hombre	Mujer
20 - 29 años	161,5	157,4	259,2	146,3	172,2	0,0	315,1	78,2	352,1	137,6	373,6	259,6
30 - 39 años	439,9	237,6	290,0	186,5	273,5	94,4	376,4	192,9	325,9	71,6	271,4	311,5
40 - 49 años	527,8	273,1	103,5	180,3	404,8	125,3	422,2	153,4	204,5	270,5	216,7	569,9
50 - 59 años	616,6	493,8	560,9	162,2	441,1	297,5	594,1	384,8	803,3	331,7	521,3	437,5
Mayor igual a 60 años	965,3	2.115,0	865,1	2.032,4	1.205,8	1.856,1	1.234,1	1.332,9	1.304,2	3.250,2	937,2	1.607,7
Total por sexo	483,0	444,3	323,8	340,8	430,5	291,0	486,3	273,0	459,8	374,8	408,9	497,0
Total por año	466,0		331,5		369,4		390,3		422,2		447,9	

Fuente: Base de Defunciones Generales – INEC / ENEMDU – INEC

Elaboración: Carlos Velasco

Para revisar los datos de manera global, se decidió generar un gráfico con los totales de los AVPP y las Tasas AVPP anuales. Se observa una disminución de estos indicadores en el año 2014 respecto al año 2013 (cerca al 30%); sin embargo, a partir del 2015 la tendencia se reversa y los indicadores comienzan a aumentar. En el Año 2018 se registra el pico más alto de 5.593 AVPP, con una Tasa AVPP equivalente a 447,9 años de vida potencialmente perdidos por cada 100 mil habitantes pertenecientes la PEA de la ciudad de Quito.

Gráfico 35. AVPP y Tasa AVPP
Período: 2013 – 2018



Fuente: Base de Defunciones Generales – INEC / ENEMDU – INEC

Elaboración: Carlos Velasco

Ingresos laborales no percibidos por fallecimiento prematuro

Partiendo de la información recopilada, se estiman los ingresos no percibidos por el fallecimiento prematuro por causas relacionadas a enfermedades respiratorias. Debido a que se utilizaron fuentes secundarias de información, no se cuenta con la información detallada de las personas que fueron consideradas para este estudio; consecuentemente, se consideran algunos supuestos fuertes:

- La población considerada en el análisis de AVPP forma parte de la PEA; es decir, que se maneja el supuesto de que estuvieron empleados o estaban disponibles para trabajar, antes de fallecer.
- Se considera que el sueldo mensual de estas personas es equivalente a la mediana de los ingresos laborales reportados por la PEA empleada en la ENEMDU según sexo, grupos etarios y año. Se tomó en cuenta la mediana porque existía una dispersión grande en los ingresos reportados, y esta medida de tendencia central sufre menos distorsiones a diferencia del promedio.

Tabla 15. Mediana de los ingresos laborales de la PEA en la ciudad de Quito
Período: 2013 – 2018

Grupos etarios - PEA	2013		2014		2015		2016		2017		2018	
	Hombre	Mujer	Hombre	Mujer	Hombre	Mujer	Hombre	Mujer	Hombre	Mujer	Hombre	Mujer
15 - 19 años	\$245,00	\$318,00	\$360,00	\$220,00	\$400,00	\$230,00	\$300,00	\$180,00	\$350,00	\$375,00	\$280,00	\$300,00
20 - 29 años	\$400,00	\$380,00	\$450,00	\$373,00	\$450,00	\$409,00	\$480,00	\$420,00	\$466,00	\$401,00	\$440,00	\$405,00
30 - 39 años	\$495,00	\$435,00	\$530,00	\$415,00	\$510,00	\$440,00	\$562,00	\$458,00	\$544,00	\$461,00	\$560,00	\$450,00
40 - 49 años	\$580,00	\$371,00	\$580,00	\$385,00	\$520,00	\$406,00	\$580,00	\$400,00	\$531,00	\$440,00	\$600,00	\$439,00
50 - 59 años	\$550,00	\$390,00	\$512,00	\$400,00	\$500,00	\$441,00	\$490,00	\$366,00	\$565,00	\$408,00	\$490,00	\$438,00
Mayor igual a 60 años	\$391,00	\$320,00	\$365,00	\$230,00	\$450,00	\$300,00	\$350,00	\$220,00	\$420,00	\$220,00	\$385,00	\$250,00

Fuente: ENEMDU – INEC

Elaboración: Carlos Velasco

- Los ingresos no percibidos por el fallecimiento prematuro es el producto del sueldo mensual por 12 meses y por los AVPP.

Con estas consideraciones se realizan las estimaciones respectivas y se obtienen los resultados de la Tabla 16, donde se puede observar que la mayor parte de los ingresos no percibidos se reportan en los hombres, esto está causado porque los ingresos y los AVPP de los hombres son

mayores a los de las mujeres. Los valores monetarios fluctúan de año a año, no obstante, en el año 2018 llega a su pico más alto con un valor total equivalente a \$28.602.252,00 USD.

Tabla 16. Ingresos laborales no percibidos por fallecimiento prematuro de la PEA en Quito - Enfermedades Respiratorias

Período: 2013 – 2018

Grupos etarios - PEA	2013		2014		2015	
	Hombre	Mujer	Hombre	Mujer	Hombre	Mujer
15 - 19 años	\$513.030,00	\$716.644,80	\$0,00	\$655.248,00	\$1.677.120,00	\$687.240,00
20 - 29 años	\$1.188.000,00	\$774.288,00	\$1.862.460,00	\$735.854,40	\$1.368.900,00	\$0,00
30 - 39 años	\$4.092.660,00	\$1.661.004,00	\$3.055.344,00	\$1.313.724,00	\$2.942.496,00	\$707.520,00
40 - 49 años	\$5.185.200,00	\$1.444.228,80	\$963.960,00	\$950.796,00	\$3.402.048,00	\$672.336,00
50 - 59 años	\$3.907.200,00	\$1.957.176,00	\$2.701.516,80	\$580.800,00	\$2.406.600,00	\$1.016.064,00
Mayor igual a 60 años	\$2.845.698,00	\$3.009.792,00	\$2.054.220,00	\$1.803.936,00	\$3.174.120,00	\$2.394.000,00
Total por sexo	\$17.731.788,00	\$9.563.133,60	\$10.637.500,80	\$6.040.358,40	\$14.971.284,00	\$5.477.160,00
Total por año	\$27.294.921,60		\$16.677.859,20		\$20.448.444,00	

Grupos etarios - PEA	2016		2017		2018	
	Hombre	Mujer	Hombre	Mujer	Hombre	Mujer
15 - 19 años	\$414.720,00	\$134.136,00	\$747.180,00	\$565.200,00	\$602.112,00	\$225.000,00
20 - 29 años	\$2.897.280,00	\$535.248,00	\$2.745.672,00	\$755.002,80	\$3.124.704,00	\$1.392.390,00
30 - 39 años	\$4.407.878,40	\$1.503.705,60	\$3.196.108,80	\$506.731,20	\$3.103.296,00	\$2.681.100,00
40 - 49 años	\$4.105.704,00	\$818.400,00	\$1.782.248,40	\$1.427.712,00	\$2.604.960,00	\$3.864.078,00
50 - 59 años	\$3.379.824,00	\$1.331.654,40	\$4.625.316,00	\$1.179.936,00	\$3.358.656,00	\$2.325.780,00
Mayor igual a 60 años	\$2.736.300,00	\$1.324.752,00	\$2.486.232,00	\$2.113.320,00	\$3.140.676,00	\$2.179.500,00
Total por sexo	\$17.941.706,40	\$5.647.896,00	\$15.582.757,20	\$6.547.902,00	\$15.934.404,00	\$12.667.848,00
Total por año	\$23.589.602,40		\$22.130.659,20		\$28.602.252,00	

Fuente: Base de Defunciones Generales – INEC / ENEMDU – INEC

Elaboración: Carlos Velasco

Estimación monetaria de la pérdida de productividad

Continuando con el análisis económico y considerando los egresos hospitalarios; también, se calcula la pérdida de ingresos diarios a la que se enfrentarían las personas, por estar hospitalizadas cierto tiempo en un establecimiento de salud.

En las estadísticas de egresos y con las agrupaciones etarias en base a la PEA, se puede observar que la mayoría se ubican en las edades mayores iguales a 60 años, donde no existe una diferencia tan significativa entre hombres y mujeres.

Tabla 17. Egresos por enfermedades respiratorias en Quito
Período: 2013 – 2018

Grupos etarios - PEA	2013		2014		2015		2016		2017		2018	
	Hombre	Mujer	Hombre	Mujer	Hombre	Mujer	Hombre	Mujer	Hombre	Mujer	Hombre	Mujer
15 - 19 años	350	289	292	236	313	245	329	231	290	269	342	238
20 - 29 años	767	616	677	547	752	555	683	522	586	520	596	535
30 - 39 años	657	519	541	453	547	447	612	502	537	439	604	520
40 - 49 años	473	366	395	312	403	288	462	322	355	375	436	407
50 - 59 años	422	389	318	330	354	338	388	410	370	389	463	507
Mayor igual a 60 años	1.529	1.478	1.593	1.582	1.584	1.566	1.677	1.630	1.678	1.849	2.037	2.337
Total por sexo	4.198	3.657	3.816	3.460	3.953	3.439	4.151	3.617	3.816	3.841	4.478	4.544
Total por año	7.855		7.276		7.392		7.768		7.657		9.022	

Fuente: Base de Egresos Hospitalarios - INEC

Elaboración: Carlos Velasco

Así mismo, para esta estimación se utiliza la información de los días promedio de estada por sexo, grupo etario y año. Hay que aclarar, que no se consideraron a las personas mayores de 90 años, a pesar de que en la ENEMDU se registran algunos casos de personas con edades superiores a 90 años que forman parte de la PEA. Tampoco se consideran 2 registros que presentan más de 15 mil días de estancia hospitalaria, porque se presume que pudo existir un mal registro y estos datos distorsionan al resto de datos.

Se puede verificar en la Tabla 18, que los días promedio de estada más altos, se encuentran en el segmento de personas con edades iguales o superiores a 60 años. Otro detalle interesante que se puede observar, es que la mayoría de los registros superan los 3 días promedio de estancia. En este contexto es importante destacar, que un empleado dependiente que labora en el sector privado y está afiliado al Seguro General del IESS, recibe un subsidio por enfermedad común a partir del cuarto día, como lo establece el artículo 16 del Reglamento General sobre prestación de subsidio en dinero por enfermedad común, maternidad, accidente de trabajo y enfermedad profesional. Además, como se menciona en el artículo 106 de la Ley de Seguridad Social:

Será de cargo del empleador la prestación señalada en los artículos 42, numeral 19, y 153 del Código del Trabajo, cuando el trabajador no reune los requisitos mínimos señalados en esta Ley para causar derecho a la prestación del Seguro General de Salud Individual y Familiar. Igualmente, será de cargo del empleador el pago del cincuenta por ciento (50%) del sueldo o salario del trabajador durante los tres (3) primeros días de enfermedad no profesional.

En el caso de los servidores públicos, se debe mencionar el artículo 27 de la Ley Orgánica de Servicio Público, en lo que se refiere a las licencias con remuneración:

Toda servidora o servidor público tendrá derecho a gozar de licencia con remuneración en los siguientes casos: a) Por enfermedad que determine imposibilidad física o psicológica, debidamente comprobada, para la realización de sus labores, hasta por tres meses; e, igual período podrá aplicarse para su rehabilitación (...)

**Tabla 18. Promedio de días de estada por enfermedades respiratorias en Quito
Período: 2013 – 2018**

Grupos etarios - PEA	2013		2014		2015		2016		2017		2018	
	Hombre	Mujer	Hombre	Mujer	Hombre	Mujer	Hombre	Mujer	Hombre	Mujer	Hombre	Mujer
15 - 19 años	2,8	2,5	2,9	2,2	2,7	2,1	2,6	2,9	2,4	2,5	3,4	2,4
20 - 29 años	4,4	2,4	2,4	2,5	4,1	2,2	2,7	3,0	5,5	2,4	3,3	2,7
30 - 39 años	3,9	3,7	3,2	3,6	3,0	3,9	4,7	3,7	3,1	3,1	3,5	3,4
40 - 49 años	8,6	4,6	4,7	4,5	6,5	4,1	5,4	6,7	4,3	4,6	4,0	4,6
50 - 59 años	6,9	6,6	6,3	6,1	7,2	6,1	7,1	6,3	7,0	5,1	8,1	7,0
Mayor igual a 60 años	10,0	8,8	10,1	9,2	12,8	15,2	11,1	9,6	9,2	8,8	12,4	9,4

Fuente: Base de Egresos Hospitalarios - INEC

Elaboración: Carlos Velasco

Del mismo modo que se calculó los ingresos no percibidos debido a un fallecimiento prematuro, y considerando la información antes mencionada, se valora económicamente la pérdida de productividad debido a que una persona se encuentra hospitalizada en una unidad médica por una enfermedad respiratoria. Para lo cual, nuevamente se trabajará basados en algunos supuestos:

- Se consideran a los promedios de días de estada como un estándar, que servirá para calcular los días de incapacidad al que se enfrentaron las personas por tener una enfermedad respiratoria. No se toman en cuenta días adicionales de reposo que pudieron ser dictaminados por el médico que realizó el alta, ya que no se dispone de dicha información.
- Se considera la mediana de los ingresos laborales reportados por la PEA empleada en la ENEMDU según sexo, grupos etarios y año, reflejados en la Tabla 16. A estos

valores, se los divide para 30 días que es una simplificación financiera de la cantidad de días que tiene un mes, como se muestra en la Tabla 19.

Tabla 19. Ingresos laborales diarios de la PEA en la ciudad de Quito
Período: 2013 – 2018

Grupos etarios - PEA	2013		2014		2015		2016		2017		2018	
	Hombre	Mujer	Hombre	Mujer	Hombre	Mujer	Hombre	Mujer	Hombre	Mujer	Hombre	Mujer
15 - 19 años	\$8,17	\$10,60	\$12,00	\$7,33	\$13,33	\$7,67	\$10,00	\$6,00	\$11,67	\$12,50	\$9,33	\$10,00
20 - 29 años	\$13,33	\$12,67	\$15,00	\$12,43	\$15,00	\$13,63	\$16,00	\$14,00	\$15,53	\$13,37	\$14,67	\$13,50
30 - 39 años	\$16,50	\$14,50	\$17,67	\$13,83	\$17,00	\$14,67	\$18,73	\$15,27	\$18,13	\$15,37	\$18,67	\$15,00
40 - 49 años	\$19,33	\$12,37	\$19,33	\$12,83	\$17,33	\$13,53	\$19,33	\$13,33	\$17,70	\$14,67	\$20,00	\$14,63
50 - 59 años	\$18,33	\$13,00	\$17,07	\$13,33	\$16,67	\$14,70	\$16,33	\$12,20	\$18,83	\$13,60	\$16,33	\$14,60
Mayor igual a 60 años	\$13,03	\$10,67	\$12,17	\$7,67	\$15,00	\$10,00	\$11,67	\$7,33	\$14,00	\$7,33	\$12,83	\$8,33

Fuente: ENEMDU – INEC

Elaboración: Carlos Velasco

- Se supone que los ingresos laborales de las personas se adquieren de manera diaria y no existe un subsidio o compensación monetaria que compense el salario perdido por los días en que se encontraba en un servicio de hospitalización por problemas respiratorios.
- El valor monetario de la pérdida de productividad por encontrarse hospitalizado, es el resultado del producto del número de egresos, por los días promedio de estada y por los ingresos laborales diarios de la PEA en la ciudad de Quito según sexo, grupos etarios y año. Este valor, representaría los ingresos a los que el paciente no percibiría por no poder laborar.

Esta estimación económica de la productividad, evidencia que el grupo etario que perdería más ingresos serían las personas con edades mayores a 60 años, esto debido principalmente a que es el grupo con los días de estada más prolongados por complicaciones en las vías respiratorias y es el grupo con más personas.

Tabla 20. Estimación monetaria de la pérdida de productividad por encontrarse hospitalizado
Período: 2013 – 2018

Grupos etarios - PEA	2013		2014		2015	
	Hombre	Mujer	Hombre	Mujer	Hombre	Mujer
15 - 19 años	\$7.880,83	\$7.589,60	\$10.284,00	\$3.725,33	\$11.293,33	\$4.002,00
20 - 29 años	\$45.000,00	\$18.911,33	\$24.735,00	\$16.971,50	\$46.335,00	\$16.959,87
30 - 39 años	\$41.959,50	\$27.680,50	\$30.899,00	\$22.327,00	\$27.472,00	\$25.622,67
40 - 49 años	\$78.280,67	\$20.862,57	\$35.824,67	\$18.159,17	\$45.118,67	\$15.847,53
50 - 59 años	\$53.075,00	\$33.462,00	\$34.065,07	\$27.026,67	\$42.616,67	\$30.414,30
Mayor igual a 60 años	\$198.432,50	\$138.250,67	\$194.946,50	\$111.588,33	\$303.300,00	\$238.430,00

Grupos etarios - PEA	2013		2014		2015	
	Hombre	Mujer	Hombre	Mujer	Hombre	Mujer
Total por sexo	\$424.628,50	\$246.756,67	\$330.754,23	\$199.798,00	\$476.135,67	\$331.276,37
Total por año	\$671.385,17		\$530.552,23		\$807.412,03	

Grupos etarios - PEA	2016		2017		2018	
	Hombre	Mujer	Hombre	Mujer	Hombre	Mujer
15 - 19 años	\$8.470,00	\$4.038,00	\$8.260,00	\$8.425,00	\$10.938,67	\$5.660,00
20 - 29 años	\$29.904,00	\$21.658,00	\$49.722,20	\$16.694,97	\$29.025,33	\$19.480,50
30 - 39 años	\$54.345,40	\$28.090,67	\$30.065,07	\$20.683,53	\$39.890,67	\$26.895,00
40 - 49 años	\$47.850,00	\$28.680,00	\$27.045,60	\$25.168,00	\$35.160,00	\$27.203,37
50 - 59 años	\$44.786,00	\$31.402,80	\$48.439,33	\$27.023,20	\$61.495,00	\$52.122,00
Mayor igual a 60 años	\$217.035,00	\$115.272,67	\$217.238,00	\$119.863,33	\$323.566,83	\$183.208,33
Total por sexo	\$402.390,40	\$229.142,13	\$380.770,20	\$217.858,03	\$500.076,50	\$314.569,20
Total por año	\$631.532,53		\$598.628,23		\$814.645,70	

Fuente: Base de Egresos Hospitalarios - INEC / ENEMDU – INEC

Elaboración: Carlos Velasco

Facturación por prestaciones de salud en hospitalización

Otro aspecto que se consideró, son los gastos de hospitalización a los que una persona puede incurrir al momento en que la enfermedad respiratoria se complica. Existen algunas metodologías para estimar los costos sanitarios, que pueden considerar detalles muy precisos de los procedimientos, personal médico, medicamentos e insumos médicos que se requieren para el tratamiento de cada una de las diferentes enfermedades respiratorias (faringitis, influenza, neumonía, bronquitis, etc.). No obstante, debido a las limitaciones de la información, el presente estudio realizará una estimación más generalizada de los valores monetarios que representarían los gastos que un quiteño tendría que enfrentar si es que debe ser atendido en el servicio de hospitalización por complicaciones en las vías respiratorias.

Uno de los subsistemas de salud que tiene una buena representatividad a nivel nacional es el IESS, según sus estadísticas oficiales (Dirección Actuarial, de Investigación y Estadística - IESS, 2020) para el año 2018 contaban con un total de 6.950.520 asegurados registrados, que corresponde a afiliados, pensionistas y beneficiarios (hijos menores de 18 años y extensión de cobertura a cónyuge); que representó el 41% de la población proyectada por el INEC para el año 2018, de 17.023.408 personas a nivel nacional. Y es precisamente la información proveniente de esta institución, la que servirá como base para la estimación de los gastos de hospitalización.

Los esfuerzos por transparentar la información han llevado a mencionada institución, a mostrar las estadísticas de Producción y Facturación Mensual de Establecimientos Internos y Externos IESS (2018 – 2020) ¹⁵. Se identificaron 3 hospitales internos del IESS, ubicados en la ciudad de Quito y que cuentan con el servicio de hospitalización, donde se pueden contabilizar el número de egresos:

- Hospital General del Sur de Quito (II nivel de complejidad)
- Hospital General San Francisco de Quito (II nivel de complejidad)
- Hospital de Especialidades Carlos Andrade Marín (III nivel de complejidad)

También los visores estadísticos detallan los valores facturados por las prestaciones de salud recibidas en el área de hospitalización que, según la metodología mostrada, define a la facturación como:

El proceso técnico que permite identificar, registrar y validar los procedimientos realizados por los prestadores de servicios de salud de la Red Plural del IESS (Red Interna, Pública y Complementaria) a los usuarios/pacientes afiliados, con el Tarifario de Prestaciones para el Sistema Nacional de Salud vigente. (IESS, 2021)

En dichos visores se puede filtrar por tipo de diagnóstico según CIE-10; por lo tanto, como se ha realizado con anterioridad se ha seleccionado solamente aquellas enfermedades clasificadas en el Capítulo X (J00 – J99); además, se pudo considerar la desagregación por sexo. Se decidió solamente considerar la información completa del año 2019; ya que, el año 2020 fue atípico y las cifras pudieron verse afectadas por la pandemia de COVID-19.

Una vez que se contó con la facturación y la producción de hospitalización con las anteriores consideraciones, se calculó el valor facturado promedio por egreso que es el cociente de la división de valores facturados para el número de egresos, tal como se muestra en la Tabla 21. Como se puede observar el valor facturado promedio por egreso en el Hospital de Especialidades Carlos Andrade Marín es el más alto, esto se debe a que es un hospital de un

¹⁵ Producción y Facturación Mensual de Establecimientos Internos y Externos IESS (2019 – 2021): <https://app.powerbi.com/view?r=eyJrIjoiMmU3MjIyN2UtYjAzOS00NmMwLTgxNjgtNTIiNGQyZTViMzVjIiwidCI6Ijg4Y2MwY2EzLTg2ZjQtNGE5Ny1iYTY5LTNmMTFhNjBiZTE0MyIsImMiOiR9>

tercer nivel de complejidad y sus procedimientos, según el tarifario vigente, valen más que los otros hospitales que pertenecen al segundo nivel. Para evitar estas distorsiones en la información, solamente se trabajará con las cifras totales.

**Tabla 21. Egresos y valores facturados totales en los hospitales del IESS de la ciudad de Quito - Enfermedades Respiratorias
Periodo: 2019**

Hospitales del IESS de la ciudad de Quito	Hombres			Mujeres			Total		
	Valor facturado	Egresos	Valor facturado promedio por egreso	Valor facturado	Egresos	Valor facturado promedio por egreso	Valor facturado	Egresos	Valor facturado promedio por egreso
Hospital General del Sur de Quito	\$ 222.300	187	\$ 1.189	\$ 188.671	170	\$ 1.110	\$ 410.971	357	\$ 1.151
Hospital General San Francisco de Quito	\$ 77.380	59	\$ 1.312	\$ 74.225	66	\$ 1.125	\$ 151.605	125	\$ 1.213
Hospital de Especialidades Carlos Andrade Marín	\$ 187.787	53	\$ 3.543	\$ 109.149	40	\$ 2.729	\$ 296.936	93	\$ 3.193
Total	\$ 487.467	299	\$ 1.630	\$ 372.045	276	\$ 1.348	\$ 859.512	575	\$ 1.495

Fuente: Producción y Facturación Mensual de Establecimientos Internos y Externos IESS (2018 – 2020)

Elaboración: Carlos Velasco

A partir del valor facturado promedio por egreso, que representa el valor monetario promedio de todos los procedimientos realizados a un paciente mientras estuvo hospitalizado, se estima la facturación total que se generaría debido a los egresos de pacientes residentes en Quito que requirieron de los servicios de hospitalización por afectaciones a las vías respiratorias. Al tener valores del año 2019, se debió ajustar las cifras para los años del periodo analizado, considerando la inflación promedio anual de la finalidad del gasto de salud (código: 06) según la clasificación del consumo individual por finalidades (CCIF), con la siguiente fórmula:

$$F_{t-1} = \frac{F_t}{(1 + \pi_t)}$$

Donde:

F_{t-1}: Facturación en el año t-1

π_t: Inflación promedio anual en el año t

F_t: Facturación en el año t

En la Tabla 25, se puede observar los resultados del ajuste de los valores facturados promedio por egreso considerando la inflación en salud; cómo se puede esperar con el uso de la fórmula antes descrita, los valores monetarios de los años anteriores al 2019 disminuyen de manera progresiva, acorde a las cifras de la inflación. Estos valores facturados, serían asumidos por el gobierno central si es que los pacientes fueron hospitalizados en unidades médicas del MSP. En caso de contar con un seguro del IESS, ISSPOL o ISSFA, dichas instituciones asumirían estos valores monetarios. Y en caso de que el paciente, se atendiera de manera particular en un establecimiento de salud privado, este valor sería asumido enteramente por el paciente.

Tabla 22. Ajuste del valor facturado promedio por egreso usando la inflación
Periodo: 2013 - 2019

Año	Promedio de inflación anual - Salud	Valor facturado promedio por egreso	
		Hombres	Mujeres
2013	4,40%	\$ 1.413	\$ 1.169
2014	3,52%	\$ 1.463	\$ 1.210
2015	3,13%	\$ 1.509	\$ 1.248
2016	2,81%	\$ 1.551	\$ 1.283
2017	2,17%	\$ 1.585	\$ 1.310
2018	1,37%	\$ 1.607	\$ 1.328
2019	1,47%	\$ 1.630	\$ 1.348

Fuente: Inflación Anual - INEC

Elaboración: Carlos Velasco

Al igual que las anteriores estimaciones, se consideran algunos supuestos. Debido a que la información del IESS no contaba con una segmentación por los grupos etarios usados en esta sección, se debió solamente considerar la desagregación por sexo. Por lo tanto, se considera que el valor facturado por egreso y sexo, se mantiene constante en todas las edades. El resultado final de la estimación de la facturación total por hospitalizaciones con enfermedades respiratorias, es el resultado de la multiplicación del número de egresos por el valor facturado promedio por egreso ajustado con la inflación en salud.

Como se puede observar en la Tabla 23, los valores facturados más altos se ubican dentro del grupo etario con edades mayores a 60 años, seguido del grupo que tiene entre 20 y 29 años. En todo el periodo estudiado, el valor total por año fluctúa entre 9,7 a 13,2 millones de USD, siendo esta última cifra la del año 2018. Los valores más altos se reflejan en el segmento de los hombres.

Tabla 23. Estimación de la facturación total por hospitalizaciones con enfermedades respiratorias
Periodo: 2013 - 2019

Grupos etarios - PEA	2013		2014		2015	
	Hombre	Mujer	Hombre	Mujer	Hombre	Mujer
15 - 19 años	\$494.704,52	\$337.744,30	\$427.265,84	\$285.522,07	\$472.309,37	\$305.675,52
20 - 29 años	\$1.084.109,61	\$719.897,89	\$990.612,93	\$661.782,09	\$1.134.749,66	\$692.448,63
30 - 39 años	\$928.631,05	\$606.537,35	\$791.612,40	\$548.057,19	\$825.409,66	\$557.701,87
40 - 49 años	\$668.557,82	\$427.731,54	\$577.979,48	\$377.469,86	\$608.117,17	\$359.324,70
50 - 59 años	\$596.472,30	\$454.610,84	\$465.310,06	\$399.246,96	\$534.177,37	\$421.707,45
Mayor igual a 60 años	\$2.161.152,02	\$1.727.287,48	\$2.330.940,02	\$1.913.965,74	\$2.390.217,37	\$1.953.828,03
Total por sexo	5.933.627	4.273.809	5.583.721	4.186.044	5.964.981	4.290.686
Total por año	10.207.437		9.769.765		10.255.667	

Grupos etarios - PEA	2016		2017		2018	
	Hombre	Mujer	Hombre	Mujer	Hombre	Mujer
15 - 19 años	\$510.390,89	\$296.299,80	\$459.639,97	\$352.520,54	\$549.493,40	\$316.173,66
20 - 29 años	\$1.059.565,29	\$669.560,58	\$928.789,72	\$681.452,34	\$957.596,68	\$710.726,51
30 - 39 años	\$949.420,14	\$643.906,92	\$851.126,42	\$575.303,03	\$970.450,33	\$690.799,59
40 - 49 años	\$716.719,13	\$413.023,96	\$562.662,72	\$491.431,98	\$700.523,75	\$540.683,53
50 - 59 años	\$601.919,96	\$525.900,08	\$586.437,20	\$509.778,77	\$743.904,80	\$673.529,60
Mayor igual a 60 años	\$2.601.597,35	\$2.090.773,47	\$2.659.571,94	\$2.423.087,26	\$3.272.859,79	\$3.104.612,79
Total por sexo	6.439.613	4.639.465	6.048.228	5.033.574	7.194.829	6.036.526
Total por año	11.079.078		11.081.802		13.231.354	

Fuente: Base de Egresos Hospitalarios – INEC / Producción y Facturación Mensual de Establecimientos Internos y Externos IESS (2018 – 2020) / Inflación Anual - INEC

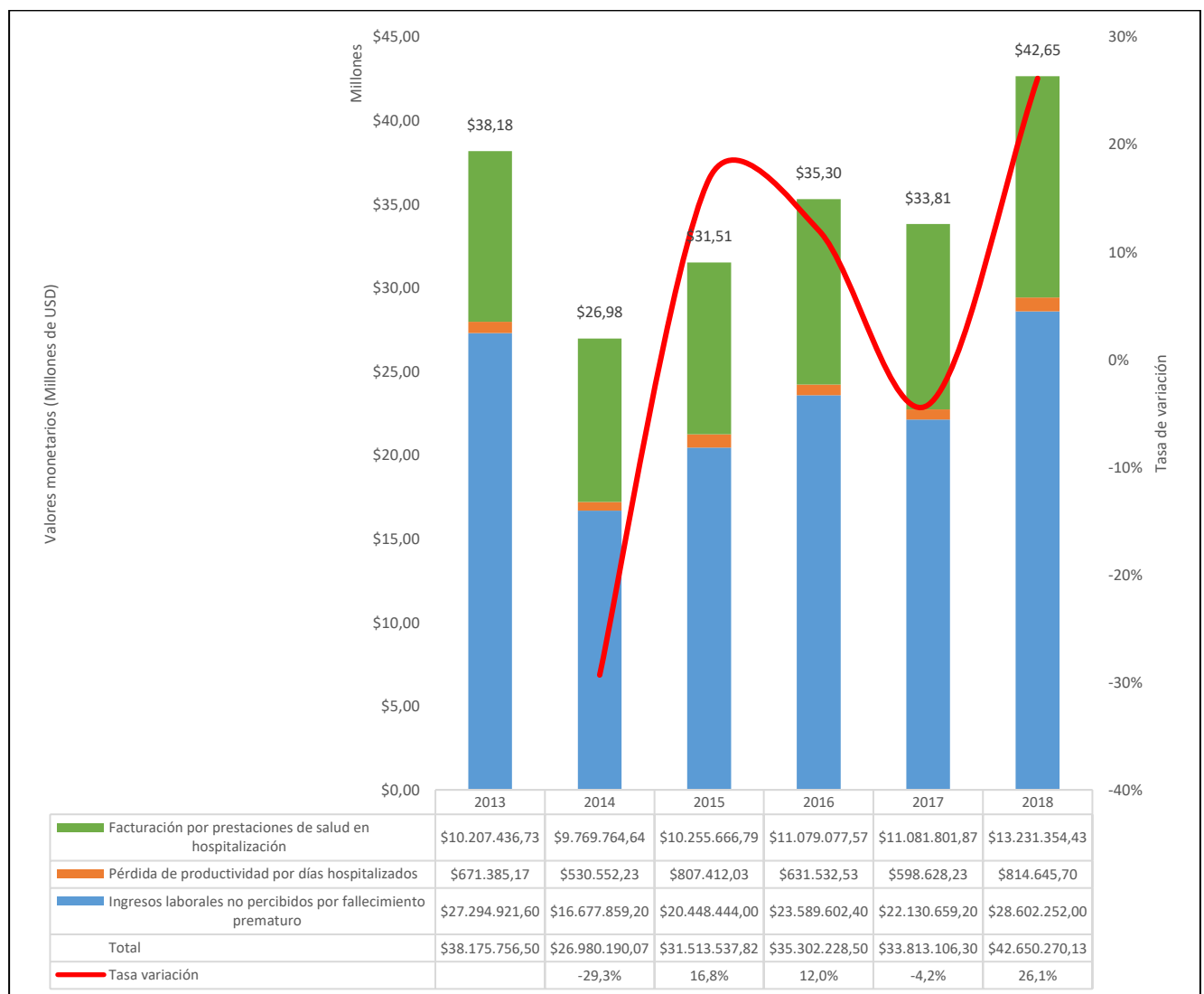
Elaboración: Carlos Velasco

Pérdidas económicas totales producidas por enfermedades respiratorias

Tomando en cuenta, las tres estimaciones económicas, se observa que el valor monetario de la pérdida de productividad es muy inferior a la facturación por prestaciones de salud en hospitalización, y en mayor proporción, a los ingresos laborales no percibidos por fallecimiento prematuro. Esto principalmente, porque los egresos y los días de estancia, responden a un evento temporal en el año; mientras que el fallecimiento prematuro, considerando la esperanza de vida, es un evento definitivo en el que se consideran varios años de pérdida de ingresos. Además, los valores facturados pueden llegar a ser altos debido a que un paciente hospitalizado genera costos de alojamiento, alimentación, los honorarios del personal médico que debe realizar turnos, el consumo de medicamentos e insumos.

Se observa que existe un decrecimiento importante de estas cifras en el año 2014, equivalente a 29,3% menos que en el año 2013. Existen tasas de variación positivas en el año 2015 y 2016, pero en el año 2017 nuevamente decrece la tendencia en menos 4,2% respecto al año anterior. Sin embargo, en el último año estudiado se observa que existe un repunte equivalente al 26,1% más que en el año 2017. Es preocupante que los AVPP y los valores económicos mostrados suban en el último año, esto alertaría que las enfermedades respiratorias en la ciudad de Quito, son un problema que podría seguir aumentando en el tiempo y que se deberían generar políticas más efectivas que puedan ayudar a disminuir estos indicadores.

**Gráfico 36. Pérdidas económicas totales producidas por enfermedades respiratorias
Período: 2013 – 2018**

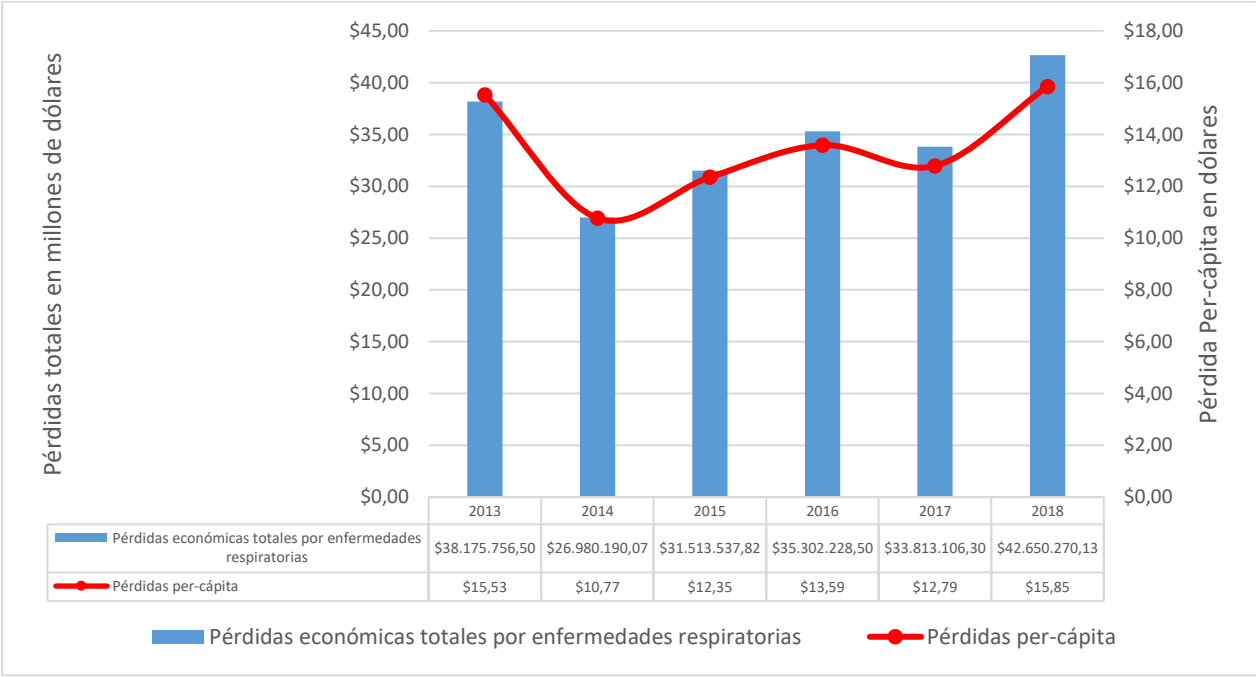


Fuente: Base de Defunciones Generales – INEC / Base de Egresos Hospitalarios - INEC / ENEMDU – INEC / Producción y Facturación Mensual de Establecimientos Internos y Externos IESS (2018 – 2020) / Inflación Anual - INEC

Elaboración: Carlos Velasco

En el Gráfico 37, se muestran las pérdidas económicas per-cápita producidas por enfermedades respiratorias, que es el resultado de dividir las pérdidas totales respecto al total de habitantes de la ciudad de Quito. Se puede observar que este valor per-cápita fluctúan entre \$10,77 USD y \$15,85 USD, siendo este último valor monetario el calculado para el año 2018.

Gráfico 37. Pérdidas económicas per-cápita producidas por enfermedades respiratorias
Período: 2013 – 2018

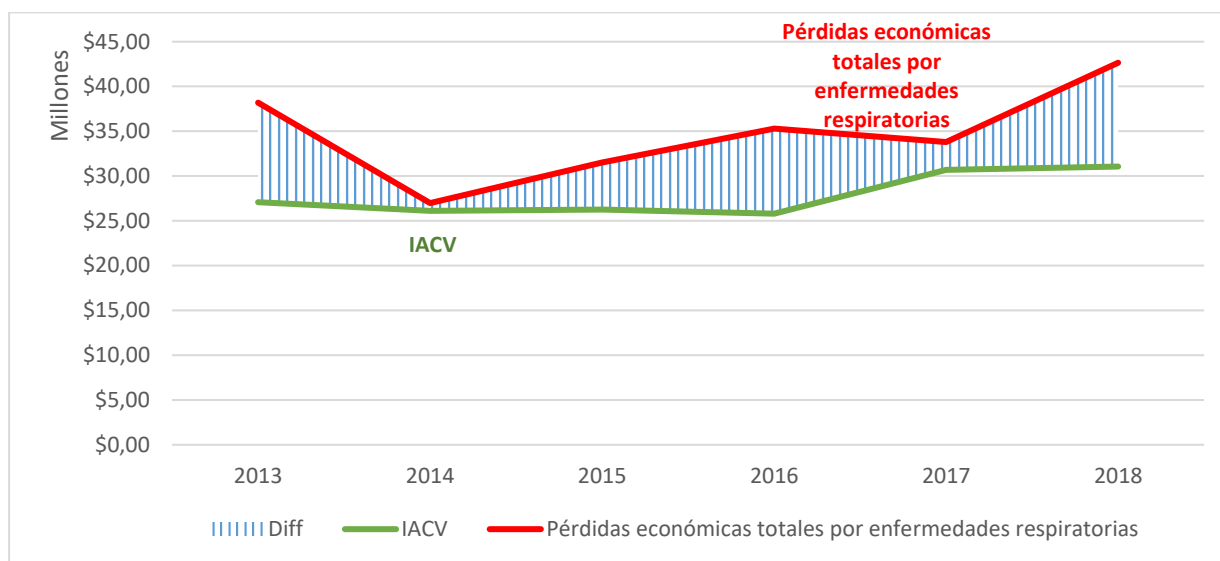


Fuente: Base de Defunciones Generales – INEC / Base de Egresos Hospitalarios - INEC / ENEMDU – INEC / Producción y Facturación Mensual de Establecimientos Internos y Externos IESS (2018 – 2020) / Inflación Anual - INEC

Elaboración: Carlos Velasco

Al comparar la recaudación total del IACV frente a las pérdidas económicas producidas por enfermedades respiratorias, se puede observar que el costo social del impuesto es menor a las pérdidas estimadas por patologías en las vías respiratorias. Evidenciándose una brecha que fluctúa entre \$856.083,79 USD (2014) y \$11.589.073,60 USD (2018). Inclusive hay que considerar, que las estimaciones realizadas son las que se consideraron más relevantes para el estudio y tomando en cuenta la información disponible. Los valores de las pérdidas económicas totales producidas por enfermedades respiratorias podrían ser superiores, si se considera las atenciones en emergencia y consulta externa, a pesar que los costos sanitarios de estos servicios pueden ser inferiores a los generados en hospitalización.

Gráfico 38. Comparación entre valores recaudados del IACV y pérdidas económicas totales producidas por enfermedades respiratorias
Período: 2013 – 2018



Fuente: Base de Defunciones Generales – INEC / Base de Egresos Hospitalarios - INEC / ENEMDU – INEC / Producción y Facturación Mensual de Establecimientos Internos y Externos IEES (2018 – 2020) / Inflación Anual – INEC / Recaudación de impuestos por cantón – SRI

Elaboración: Carlos Velasco

5. Relación y causalidad entre la contaminación atmosférica y las enfermedades respiratorias

El propósito de esta investigación es analizar los efectos en la salud ocasionados por la contaminación atmosférica en Quito; es por ello, que en la sección de las técnicas de investigación se planteó hallar una relación entre la calidad del aire y la salud de las personas.

Es importante contar con la suficiente data para evaluar de una mejor manera estadísticamente y correr modelos econométricos. En el caso de la información recolectada para este estudio, se pudo constatar que existía información diaria de todas las variables entre el 1 agosto de 2013 a 31 de diciembre de 2018, con un total de 1.979 registros. Estos registros pueden disminuir, al considerar los rezagos de las variables a usarse.

Para evaluar la salud de las personas se consideró los ingresos diarios de pacientes residentes en Quito con enfermedades respiratorias al área de hospitalización. En el caso de la

contaminación atmosférica se consideró las concentraciones diarias de PM10, PM25, SO₂, CO, O₃ y NO₂.

Ahora, se debe suponer que el efecto de la calidad del aire en Quito, no es inmediato en la salud de las personas; por lo tanto, es importante considerar que puede existir varios días entre la exposición a un contaminante atmosférico y el ingreso a un hospital. Consecuentemente, es importante comenzar analizando si existe alguna relación entre los rezagos de los registros de la calidad del aire y los ingresos de pacientes con enfermedades respiratorias; para este análisis se analizarán 10 rezagos.

5.1. Covarianza

En la Tabla 24, se muestran los valores de la covarianza entre ingresos diarios y concentraciones diarias de calidad del aire, como primera medida estadística a evaluarse. La covarianza indica el grado de variación conjunta de dos variables aleatorias respecto a sus medias, como se explicó con anterioridad.

Se puede evidenciar que en la serie original y en todos los rezagos de las concentraciones diarias de PM10 y O₃, existe una relación inversa con el número de ingresos a hospitales por enfermedades respiratorias; es decir, que cuando la cantidad de PM10 y O₃ aumenta, los ingresos disminuyen. Otros valores que saltan a la vista son las cifras de covarianza del CO, la mayoría son positivas a excepción del rezago 9 que tiende a cero, en este caso existiría una nula relación lineal entre la calidad del aire y la salud de las personas. El resto de contaminantes: PM25, SO₂ y NO₂, presentan covarianzas que se alternan entre positivas y negativas, dependiendo de los rezagos analizados.

Tabla 24. Covarianza entre ingresos diarios y concentraciones diarias de calidad del aire por contaminante

Período: 1 agosto de 2013 – 31 diciembre de 2018

Rezagos	PM10	PM25	SO ₂	CO	O ₃	NO ₂
Original	-27.5620	4.9658	1.1288	1.4721	-34.7048	6.2656
Rezago 1	-48.4055	-3.9109	-0.9118	0.4733	-26.3983	-12.6751
Rezago 2	-52.4503	-5.8096	-1.6931	0.0027	-28.5520	-17.4026
Rezago 3	-50.0498	-2.7168	-1.7275	0.4359	-28.1723	-12.7388
Rezago 4	-51.1382	-1.8765	-1.1330	0.6689	-27.1161	-9.2730

Rezagos	PM10	PM25	SO ₂	CO	O ₃	NO ₂
Rezago 5	-45.6731	1.7422	-0.3212	0.9373	-26.8627	-2.9229
Rezago 6	-33.7909	7.4990	1.5781	1.6210	-28.8901	10.0785
Rezago 7	-37.2294	8.6638	2.0688	1.8603	-32.3509	12.4395
Rezago 8	-54.5735	1.0113	0.2045	0.5948	-29.1901	-4.3816
Rezago 9	-62.9579	-2.3340	-0.8545	-0.0006	-26.4077	-6.7052
Rezago 10	-57.9115	-0.5552	-1.0381	0.3795	-23.6084	-3.6844

Fuente: Secretaría de Ambiente del MDMQ / Base de Egresos Hospitalarios - INEC

Elaboración: Carlos Velasco

5.2. Correlación

El coeficiente de correlación lineal de Pearson, usa en su cálculo la covarianza y es el resultado de dividirla para el producto de sus desviaciones estándar. Al igual que la covarianza, el signo positivo representa que existe una correlación directa o positiva; y, el signo negativo que la correlación es inversa o negativa. Así mismo, si los valores se aproximan a 1 o -1 se puede decir que tienden a ser una correlación fuerte. Mientras que, si el valor tiende a 0 significa que no existe una relación lineal fuerte entre las variables.

En la Tabla 25, se visualizan los coeficientes de correlación entre ingresos diarios y concentraciones diarias de calidad del aire por contaminante. Así mismo, se incluye el nivel de significancia de dichos coeficientes, evaluados por el p-value. Se puede observar que los valores absolutos de los coeficientes tienden a cero; es decir, que no existe una fuerte correlación entre la concentración de contaminantes del aire y los ingresos a hospitales de pacientes con enfermedades respiratorias. Además, la mayoría de los p-value son menores a 0,05; consecuentemente, el intervalo de confianza cubre al menos el 95% y los valores del índice de correlación son significativos¹⁶.

Al analizar más detalladamente los valores que se alejan de 0, en cada uno de los coeficientes de correlación por contaminante y sus respectivos rezagos, se puede observar que en el rezago 9 de los valores PM10 se encuentra la correlación negativa más alta; en otras palabras, luego de 9 días de exposición a este contaminante existe una correlación de -0,2631.

¹⁶ Hipótesis nula (H0): coeficiente de correlación es cero (0)

Hipótesis alternativa (H1): coeficiente de correlación es diferente cero (0)

Con un p-value menor a 0,05 se rechaza la hipótesis nula (H0)

Así mismo, con el O3 la correlación más fuerte se encuentra en la serie de datos sin rezagos, con un índice equivalente a -0,1798. Los coeficientes de correlación más altos y positivos de los contaminantes: PM25, SO2, CO y NO2; se encuentran en el rezago 7; en otras palabras, luego de 7 de días de exposición se podría tener una relación positiva y significativa entre las concentraciones de los contaminantes y los ingresos por enfermedades respiratorias al servicio de hospitalización.

Tabla 25. Coeficiente de correlación entre ingresos diarios y concentraciones diarias de calidad del aire por contaminante
Período: 1 agosto de 2013 – 31 diciembre de 2018

Rezagos	Medida	PM10	PM2,5	SO ₂	CO	O ₃	NO ₂
Original	Coeficiente de correlación	-0,1152	0,0616	0,0410	0,0937	-0,1798	0,0490
	p-value	0,0000	0,0061	0,0684	0,0000	0,0000	0,0293
Rezago 1	Coeficiente de correlación	-0,2022	-0,0485	-0,0313	0,0302	-0,1369	-0,0981
	p-value	0,0000	0,0311	0,1642	0,1801	0,0000	0,0000
Rezago 2	Coeficiente de correlación	-0,2194	-0,0720	-0,0603	-0,0003	-0,1479	-0,1362
	p-value	0,0000	0,0014	0,0073	0,9899	0,0000	0,0000
Rezago 3	Coeficiente de correlación	-0,2088	-0,0336	-0,0622	0,0276	-0,1469	-0,1005
	p-value	0,0000	0,1346	0,0057	0,2202	0,0000	0,0000
Rezago 4	Coeficiente de correlación	-0,2138	-0,0232	-0,0410	0,0425	-0,1418	-0,0734
	p-value	0,0000	0,3019	0,0688	0,0590	0,0000	0,0011
Rezago 5	Coeficiente de correlación	-0,1905	0,0215	-0,0127	0,0600	-0,1396	-0,0234
	p-value	0,0000	0,3380	0,5720	0,0076	0,0000	0,2993
Rezago 6	Coeficiente de correlación	-0,1406	0,0927	0,0547	0,1038	-0,1496	0,0780
	p-value	0,0000	0,0000	0,0150	0,0000	0,0000	0,0005
Rezago 7	Coeficiente de correlación	-0,1559	0,1071	0,0732	0,1187	-0,1694	0,0967
	p-value	0,0000	0,0000	0,0011	0,0000	0,0000	0,0000
Rezago 8	Coeficiente de correlación	-0,2275	0,0125	0,0068	0,0377	-0,1516	-0,0349
	p-value	0,0000	0,5786	0,7624	0,0935	0,0000	0,1207
Rezago 9	Coeficiente de correlación	-0,2631	-0,0288	-0,0307	0,0002	-0,1359	-0,0534
	p-value	0,0000	0,1998	0,1730	0,9940	0,0000	0,0176
Rezago 10	Coeficiente de correlación	-0,2416	-0,0069	-0,0381	0,0247	-0,1237	-0,0305
	p-value	0,0000	0,7605	0,0906	0,2729	0,0000	0,1759

Fuente: Secretaría de Ambiente del MDMQ / Base de Egresos Hospitalarios - INEC

Elaboración: Carlos Velasco

5.3. Causalidad

Como se mencionó con anterioridad, tener una correlación no implica que exista una causalidad, entre un evento y otro. Sin embargo, el análisis de correlación sirvió para hallar

algún tipo de relación entre los registros de las concentraciones de los contaminantes atmosféricos y los ingresos al área de hospitalización por enfermedades respiratorias. No obstante, es importante analizar si la exposición de las personas a los contaminantes estudiados, causan un efecto en la salud de las personas. Para evaluar esto, se utiliza el Test de causalidad de Granger que trata de evaluar si los valores rezagados de una variable (contaminantes) están provocando o son las que causan un efecto en el pronóstico de otra (ingresos hospitalarios).

Para aplicar la prueba de causalidad en la información recopilada con anterioridad, se recurrió al uso del software Stata. Es importante el uso de modelos VAR para generar un pronóstico, y a partir de ese modelo se estima el Test de Granger y se analiza si el modelo VAR satisface las condiciones de estabilidad, al descartar la presencia de raíces unitarias en su representación gráfica de media móvil. Sin embargo, se requiere previamente seleccionar el rezago de las concentraciones de los contaminantes atmosféricos, que se ajuste de una mejor manera a la realidad. El rezago, como se mencionó con anterioridad, representa el número de días en los que comienza a evidenciarse un efecto de la calidad del aire en la salud de las personas; y, es un elemento importante a considerarse en los modelos VAR y el test de causalidad.

En la bibliografía revisada, se pudo constatar que algunos estudios realizan este tipo de estimaciones y análisis, con algunas consideraciones similares a la presente investigación. En el documento denominado: “Asociaciones y retrasos entre la contaminación del aire y las visitas respiratorias agudas en un entorno de atención ambulatoria: resultados de 25 meses de la investigación de aerosoles y el estudio epidemiológico de inhalación” (Hughes & Tolsma, 2004), se estima la relación entre los niveles diarios de partículas suspendidas, gases inorgánicos y compuestos orgánicos volátiles, frente a las atenciones ambulatorias por asma e infecciones respiratorias superiores e inferiores. Entre el 1 de agosto de 1998 y el 31 de agosto de 2000. Mediante el uso del modelo lineal general de Poisson y considerando los datos recolectados por “The Kaiser Permanente”, una organización sin fines de lucro para el cuidado de la salud en el área metropolitana de Atlanta.

Los principales resultados muestran que se encuentra una asociación positiva significativa entre el asma en adultos y el PM_{2,5} para el lapso de 3 a 5 días. En el mismo rango de días se encontraron relaciones positivas significativas entre el asma en niños y los contaminantes PM₁₀ y PM grueso (2,5–10 µm). Así mismo con las infecciones respiratorias superiores, se encuentra

una asociación positiva y significativa con el PM_{2,5} entre 0 y 2 días; con el PM grueso se encuentra esta misma relación entre 3 a 5 días. Sin embargo, existen relaciones negativas significativas entre 6 y 8 días de exposición al P_{2,5}, SO₂ y sulfatos. En cuanto, a las infecciones respiratorias inferiores se puede observar que entre 0 a 2 días hubo una asociación positiva significativa con el PM_{2,5} (acidez) y SO₂. En el lapso de 3 a 5 días, se encuentran relaciones positivas entre el PM grueso, PM₁₀ y otros contaminantes no considerados en el presente análisis. No se obtienen más asociaciones significativas con el SO₂, NO₂ y O₃.

En otro estudio donde se analiza la asociación de los rezagos de contaminantes del aire exterior con atenciones en el departamento de emergencias debido a afectaciones de asma en niños y adultos, dentro de la región de Pittsburgh (Byrwa-Hill, y otros, 2020). El estudio utiliza como metodología el diseño de casos cruzados (case-crossover) considerando la técnica del tiempo estratificado (time-stratified); con esto se evalúa si existe un evento inusual antes de que ocurra la enfermedad, en este caso el asma; y, el tiempo estratificado realiza un control de los eventos en el tiempo porque podría evaluar el mismo día de la semana dentro de un mes. Los principales resultados son que, en los niños existe una asociación entre un aumento de las visitas al servicio de urgencias, y los contaminantes O₃ y PM_{2,5} con un día 1 de retraso (rezago 1). No existen asociaciones positivas con el SO₂, NO₂ y CO. En cuanto a los adultos, la relación entre el aumento de las visitas al servicio de urgencias y los contaminantes CO y NO₂, se puede observar en el día 5 de retraso; para el resto de contaminantes no se encontró una relación significativa en ninguno de los modelos usados.

Para finalizar este recuento bibliográfico, se opta por mencionar al estudio titulado: “Los efectos a corto plazo de los contaminantes del aire sobre enfermedades similares a la influenza en Jinan, China”, que usa los datos diarios sobre la concentración de PM_{2,5}, PM₁₀, SO₂, NO₂, CO₃, O₃ y los casos de enfermedades similares a la influenza entre 2016 a 2017. Para la evaluación de los efectos de los contaminantes en diferentes grupos etarios, se usa el análisis de coherencia de la ondícula (wavelet coherence analysis) y el modelo de regresión aditiva de Poisson generalizado. En los resultados se contabiliza un total de 81.459 reportes con enfermedades similares a la influenza; los promedios de las concentraciones de contaminantes y el efector rezagado en el corto plazo se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 26. Principales resultados del estudio

Contaminantes	Promedios de las concentraciones	Efecto retardado en el corto plazo
PM2.5	67,8 µg/m ³	2 días
PM10	131,76 µg/ m ³	2 días
O₃	109,85 µg/ m ³	5 días
CO	1.133 µg/ m ³	5 días
SO₂	33,06 µg/m ³	2 días
NO₂	44,38 µg/ m ³	No hay efectos significantes

Fuente: Su, y otros, 2019, The short-term effects of air pollutants on influenza-like illness in Jinan, China.
Elaboración: Carlos Velasco

Así mismo, existen varios estudios adicionales que tratan de evaluar el efecto rezagado de los contaminantes atmosféricos en la salud de las personas. No obstante, se puede observar que los días de rezago varían de acuerdo a los modelos usados, el tipo de datos disponibles, la población y la ciudad en la que se realiza el análisis. Consecuentemente, se opta por utilizar otra herramienta econométrica y evaluar el mejor rezago que se adapte a la información usada en el presente estudio. Para lo cual, en el software Stata se utiliza el comando “varsoc” que obtiene los siguientes estadísticos de selección de orden del rezago para una serie de autorregresiones vectoriales de orden 1 hasta un máximo rezago propuesto por el investigador:

– **Error de predicción final (FPE):**

$$FPE = |\Sigma_u| \left(\frac{T + \bar{m}}{T - \bar{m}} \right)^K \quad (\text{Catalán, 2015})$$

Donde:

T: Tamaño de la muestra

K: Número de variables en el modelo VAR (número de ecuaciones)

\bar{m} : Promedio de parámetros en cada ecuación del VAR

$|\Sigma_u|$: Determinante de la sumatoria del error de predicción

– **Criterio de información de Akaike (AIC):**

$$\text{AIC} = -2 \left(\frac{\text{LL}}{T} \right) + \frac{2t_p}{T} \quad (\text{Catalán, 2015})$$

Donde:

$$\text{LL} = \left(\frac{T}{2} \right) \left\{ \ln(|\widehat{\Sigma}^{-1}|) - K \ln(2\pi) - K \right\}$$

T: Número de observaciones

t_p: Número de parámetros en el modelo VAR

– **Criterio de información bayesiano de Schwarz (SBIC) :**

$$\text{SBIC} = -2 \left(\frac{\text{LL}}{T} \right) + \frac{\ln(T)}{T} t_p \quad (\text{Catalán, 2015})$$

Donde:

$$\text{LL} = \left(\frac{T}{2} \right) \left\{ \ln(|\widehat{\Sigma}^{-1}|) - K \ln(2\pi) - K \right\}$$

T: Número de observaciones

t_p: Número de parámetros en el modelo VAR

– **Criterio de información de Hannan y Quinn (HQIC):**

$$\text{HQIC} = -2 \left(\frac{\text{LL}}{T} \right) + \frac{2 \ln\{\ln(T)\}}{T} t_p \quad (\text{Catalán, 2015})$$

Donde:

$$\text{LL} = \left(\frac{T}{2} \right) \left\{ \ln(|\widehat{\Sigma}^{-1}|) - K \ln(2\pi) - K \right\}$$

T: Número de observaciones

t_p: Número de parámetros en el modelo VAR

Según Carrillo (2015), estos criterios “utilizan el determinante de la matriz de covarianza de los errores para un modelo de orden p , el número de parámetros y el tamaño de la muestra”. Al evaluar todos los valores obtenidos, la óptima selección del rezago corresponde al valor mínimo de los criterios evaluados. Es importante señalar que los criterios FPE y AIC son usados para muestras pequeñas (menores a 100 observaciones) y para predicciones (Lütkepohl, 2005; como se citó en Carrillo, 2015). Considerando este último criterio, y al contar con 1.979 registros, habrá que concentrarse en las cifras que arrojan los criterios SBIC y HQIC.

Se evalúa los criterios de selección de los rezagos, considerando a los ingresos hospitalarios por enfermedades respiratorias como la variable dependiente y las concentraciones de los contaminantes atmosféricos como variables exógenas, estos últimos de manera conjunta e individualmente para cada uno de los contaminantes considerados. Al analizar los valores obtenidos con los criterios HQIC y SBIC, se muestra que el valor mínimo se ubica en el rezago 7 y es el que se debería usar en el modelo VAR (Anexo 8). Lo mismo ocurre al analizar individualmente a las concentraciones de los contaminantes PM10, PM2,5, SO₂, CO, O₃ y NO₂, como variables exógenas; los criterios considerados sugieren el uso del rezago 7 (Anexo 9 Anexo 14).

Adicionalmente, hay que considerar que dicha prueba econométrica, requiere como parte fundamental que las series de tiempo estudiadas sean estacionarias; por lo tanto, se utilizó la prueba Dikey-Fuller. Los resultados de dicha prueba son los siguientes:

- Los ingresos de pacientes residentes en Quito con enfermedades respiratorias al servicio de hospitalización, presentan una t de student = -19,708 que es mayor al valor crítico con el 99% de confianza (-3,430). Además, tiene un p -value igual a cero, es decir que se acepta la hipótesis alternativa: La serie histórica de los ingresos es estacionaria (Anexo 15).
- Se acepta la hipótesis alternativa de que la serie de tiempo de las concentraciones diarias de PM10 es estacionaria en el rezago 7, debido a que presenta una t de student = -8,152 que es mayor al valor crítico con el 99% de confianza (-3,430); y, tiene un p -value igual a cero (Anexo 16).
- Se acepta la hipótesis alternativa de que la serie de tiempo de las concentraciones diarias de PM2,5 es estacionaria en el rezago 7, debido a que presenta una t de student = -

11,095 que es mayor al valor crítico con el 99% de confianza (-3,430); y, tiene un p-value igual a cero (Anexo 17).

- Se acepta la hipótesis alternativa de que la serie de tiempo de las concentraciones diarias de SO₂ es estacionaria en el rezago 7, debido a que presenta una t de student = -8,152 que es mayor al valor crítico con el 99% de confianza (-7,893); y, tiene un p-value igual a cero (Anexo 18).
- Se acepta la hipótesis alternativa de que la serie de tiempo de las concentraciones diarias de CO es estacionaria en el rezago 7, debido a que presenta una t de student = -13,699 que es mayor al valor crítico con el 99% de confianza (-3,430); y, tiene un p-value igual a cero (Anexo 19).
- Se acepta la hipótesis alternativa de que la serie de tiempo de las concentraciones diarias de O₃ es estacionaria en el rezago 7, debido a que presenta una t de student = -7,683 que es mayor al valor crítico con el 99% de confianza (-3,430); y, tiene un p-value igual a cero (Anexo 20).
- Se acepta la hipótesis alternativa de que la serie de tiempo de las concentraciones diarias de NO₂ es estacionaria en el rezago 7, debido a que presenta una t de student = -9,371 que es mayor al valor crítico con el 99% de confianza (-3,430); y, tiene un p-value igual a cero (Anexo 21).

Comprobando que las series que se van a utilizar son estacionarias, se procede a realizar la prueba de causalidad de Granger que trata de responder la pregunta de que la variable A causa a la variable B. Este análisis se lleva al cabo tomando en cuenta los rezagos de la variable B, es decir los valores actuales de A podrían ser explicados por los valores pasados de B.

Con estas consideraciones se analizaron 6 hipótesis, utilizando 7 rezagos de cada variable de las concentraciones de 6 contaminantes. Esto quiere decir, que se supone que los efectos de la exposición de un contaminante, puede traer repercusiones en la salud de las personas 7 días después, provocando el ingreso hospitalario debido a enfermedades respiratorias. La prueba se evaluó sobre el 95% de confianza o un porcentaje mayor, es decir si el p-value es menor a 0,05 se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa.

Una vez que se realizaron los Test de Granger para cada uno de los contaminantes analizados en el presente estudio, se obtuvieron los resultados más relevantes que se muestran en la Tabla 27. Como se puede observar los p-value son menores a 0,05; es decir, que en todos los modelos se rechazó la hipótesis nula (H₀) y se acepta la hipótesis alternativa (H₁). Es decir, que las concentraciones de cada uno de los contaminantes con 7 rezagos causan según Granger los ingresos hospitalarios por enfermedades respiratorias proyectados.

Así mismo, se puede verificar que en todos los modelos VAR que se corrieron para encontrar los estimadores de Granger, los valores propios se encuentran dentro del círculo unitario y por lo tanto los modelos VAR satisfacen la condición de estabilidad.

Tabla 27. Pruebas de hipótesis de la causalidad de Granger analizada
Período: 1 agosto de 2013 – 31 diciembre de 2018

Dirección de la Causalidad		Valor F	Número de rezagos	Número de observaciones	p - value (Probabilidad > F)	Referencia
<i>H₀: hipótesis nula</i>	<i>H₁: hipótesis alternativa</i>					
1	H ₀ : Las concentraciones de PM10 <i>no causa</i> según Granger los ingresos hospitalarios por enfermedades respiratorias proyectados.	18,291	7	1.959	0,0000	Anexo 16
	H ₁ : Las concentraciones de PM10 <i>causa</i> según Granger los ingresos hospitalarios por enfermedades respiratorias proyectados.					
2	H ₀ : Las concentraciones de PM2,5 <i>no causa</i> según Granger los ingresos hospitalarios por enfermedades respiratorias proyectados.	12,767	7	1.959	0,0004	Anexo 17
	H ₁ : Las concentraciones de PM2,5 <i>causa</i> según Granger los ingresos hospitalarios por enfermedades respiratorias proyectados.					
3	H ₀ : Las concentraciones de SO ₂ <i>no causa</i> según Granger el número de viviendas proyectadas	4,9328	7	1.959	0,0265	Anexo 18
	H ₁ : Las concentraciones de SO ₂ <i>causa</i> según Granger los ingresos hospitalarios por enfermedades respiratorias proyectados.					
4	H ₀ : Las concentraciones de CO <i>no causa</i> según Granger los ingresos hospitalarios por enfermedades respiratorias proyectados.	8,5901	7	1.959	0,0034	Anexo 19
	H ₁ : Las concentraciones de CO <i>causa</i> según Granger los ingresos hospitalarios por enfermedades respiratorias proyectados.					
5	H ₀ : Las concentraciones de O ₃ <i>no causa</i> según Granger los ingresos hospitalarios por enfermedades respiratorias proyectados.	6,6477	7	1.959	0,0100	Anexo 20
	H ₁ : Las concentraciones de O ₃ <i>causa</i> según Granger los ingresos hospitalarios por enfermedades respiratorias proyectados.					
6	H ₀ : Las concentraciones de NO ₂ <i>no causa</i> según Granger los ingresos hospitalarios por enfermedades respiratorias proyectados.	10,328	7	1.959	0,0013	Anexo 21
	H ₁ : Las concentraciones de NO ₂ <i>causa</i> según Granger los ingresos hospitalarios por enfermedades respiratorias proyectados.					

Fuente: Secretaría de Ambiente del MDMQ / Base de Egresos Hospitalarios - INEC

Elaboración: Carlos Velasco

Una vez analizado el contexto de las correlaciones y el test de causalidad, se puede observar claramente que la exposición a los contaminantes atmosféricos: PM10, PM25, SO2, CO, O3 y NO2; causarían afectaciones respiratorias en la salud de las personas luego de 7 días.

6. Conclusiones

Según la OMS, las intervenciones que hagan posible una mejora en el control, prevención y curación de enfermedades respiratorias son las más rentables; debido a que esto permite que la población tenga una mejor calidad y expectativa de vida, lo que contribuye a una mayor productividad de las personas y por ende a una mejora en la economía del país. Consecuentemente, es importante que existan políticas a favor de mejorar la conciencia pública y el control del medio ambiente; ya que, eso ayudará a controlar algunos factores de riesgo como el tabaquismo, el uso de leña y biomateriales, y, lo que compete al presente estudio, la calidad del aire (Asociación Latinoamericana de Tórax, 2017).

Se puede verificar con la información recopilada y los informes de Calidad del Aire en Quito, que la Secretaría de Ambiente del MDMQ realiza un análisis muy detallado, dependiendo del lugar donde se encuentran ubicadas las estaciones remotas de la Red Metropolitana de Monitoreo Atmosférico. No obstante, para el propósito del presente estudio y a manera de generalizar la información en toda la ciudad de Quito, se realizó un tratamiento especial de la data y se generaron valores anuales correspondientes a las concentraciones de los 6 contaminantes analizados: monóxido de carbono (CO), dióxido de nitrógeno (NO₂), dióxido de azufre (SO₂), ozono (O₃) y material particulado PM₁₀ y PM_{2,5}. Los cuales fueron comparados con límites permisibles por la Norma Ecuatoriana de la Calidad del Aire (NECA). En los que se pudo evidenciar que entre el 2013 y 2018, solamente el PM_{2,5} sobrepasaba el límite de 15 µg/m³ que establece la norma anteriormente mencionada.

Si bien la mayoría de las tendencias son estables en el periodo analizado, se puede observar que el PM₁₀ crece en el último tramo, pasando de 42,54 µg/m³ en el 2017 a 45,76 µg/m³ en el año 2018, equivalente a una tasa de variación del 7,6%. Otro registro que crece en el último año al 13,2%, es el SO₂ que pasa de 3,29 µg/m³ en 2017 a 3,72 µg/m³ en 2018. El CO, uno de los principales contaminantes que proviene de los vehículos motorizados que usan combustibles fósiles, decrece en un 17,4%, pasando de 1,95 mg/m³ en el año 2017 a 1,61 en 2018. Así mismo, las concentraciones de O₃ disminuyen en un 7,7% en el año 2018, ya que en dicho año registró un valor de 48,75 µg/m³ frente a una concentración del 52,83 µg/m³ en 2017. Las concentraciones de PM₂₅ y NO₂ no tuvieron una variación significativa, sus tasas de variación no llegan ni al 1%.

En cuanto a la morbilidad, se analizaron los ingresos a servicio de hospitalización de pacientes con enfermedades respiratorias que residen en Quito. Se pudo observar en el periodo analizado, que entre el 6,7% al 8,8% corresponde a ingresos por ese tipo de afecciones comparado con el total de ingresos, un porcentaje bastante significativo. En cuanto al sexo de los pacientes que ingresaron por afectaciones a las vías respiratorias, se puede observar que la mayor parte son hombres, con una ligera diferencia entre 3 y 8 puntos porcentuales. Al analizar los ingresos por grupo etarios según ciclos de vida, la mayoría se concentró en pacientes con edades mayores o iguales a 65 años; y, con edades entre 1 – 4 años; que para el año 2018 representaron un 25,4% y 24,4% del total de ingresos, respectivamente.

Por otro lado, la mortalidad por este tipo de afecciones representó entre el 10,1% a 11,7% del total de defunciones generales en Quito. Estadísticamente se podría decir, que la mitad de los fallecidos por estas afectaciones son hombres, y la otra, mujeres. En cuanto a los grupos etarios, la mayor proporción de fallecidos son personas con edades mayores o iguales a 65 años, seguido del grupo etario de 40 – 64 años.

También se observa que los pacientes de 0 a 4 años se enferman más; sin embargo, en los datos de mortalidad se puede observar que no mueren en la misma proporción. En cambio, al comparar con la información del grupo de 40 a 64 años se podría decir que enferman menos, pero fallecen en mayor proporción.

Al hablar de política tributaria, se contaba con el impuesto ambiental a la contaminación vehicular (IACV) entre 2012 y 2018, a partir del 2019 se deja de cobrar dicho impuesto. Éste consideraba los años de antigüedad y el cilindraje de los vehículos a motor, la recaudación anual fluctuó entre 22 y 31 millones de USD, entre 2012 y 2018. También se pudo verificar con la normativa vigente en el periodo estudiado, que se otorgaron algunas disposiciones transitorias en las que se rebajaba el impuesto en un 80% a vehículos cuyo cilindraje era mayor a 2500 centímetros cúbicos y que tenía más de cinco años de antigüedad en los años 2012, 2013 y 2014. A partir del año 2015 hasta el año 2018, la rebaja para ese segmento de vehículos fue del 50% del impuesto causado. Estos descuentos, podrían ayudar a explicar que en los años 2014, 2015 y 2016, la recaudación total del IACV se encuentra por debajo del resto de años a excepción del año 2012.

Uno de los principales efectos que se puede observar en el análisis descriptivo, es que la mayor proporción de los vehículos matriculados en Pichincha tienen una antigüedad menor a 5 años. Además, se constata que la mayor parte de vehículos nuevos que fueron adquiridos en Quito, tienen un cilindraje menor a 1.500cc. Otro efecto positivo, fue que en el periodo estudiado se ve un incremento en los autos híbridos matriculados y nuevos; los automóviles eléctricos han tenido un pequeño crecimiento hasta el año 2017; no obstante, en el año 2018 se observa una tendencia a la baja. En cuanto, a las concentraciones anuales de los principales contaminantes relacionados con la contaminación vehicular son el NO₂, SO₂ y CO; solamente se observa, una línea de tendencia lineal decreciente en el CO.

También es importante destacar que en el análisis de los años de vida potencialmente perdidos (AVPP) en poblaciones cuyas edades pertenecen a la PEA, se puede observar que en gran parte de los años analizados los AVPP más altos se concentran en edades mayores o iguales a 40 años en ambos sexos. Sin embargo, al considerar solamente el año 2018, se observa que en los hombres la mayoría de AVPP se concentran en el grupo con edades mayores a 60 años; por el contrario, en las mujeres la mayor parte de AVPP pertenece al grupo de 40 a 49 años. En cambio, al evaluar la Tasa AVPP se puede observar que los AVPP más altos por cada 100 mil personas de la PEA, tanto para hombres como mujeres, se ubican en los grupos de 15 a 19 años y los mayores o iguales a 60 años. Considerando los AVPP totales por año en el periodo estudiado, se observa que los valores fluctúan entre 3.529 y 5.593; y las tasas AVPP varían entre 331,5 y 466 años de vida potencialmente perdidos por cada 100 mil habitantes pertenecientes la PEA de la ciudad de Quito.

El análisis no se limita solamente al cálculo de los AVPP, sino que a partir de dicha información se estimó los ingresos laborales no percibidos por fallecimiento prematuro. Se observó que la mayor parte de estos ingresos se reportan en los hombres con valores que fluctúan entre 10,6 a 17,9 millones de USD. En cuanto, a las mujeres los ingresos no percibidos, varían entre 5,4 a 12,6 millones de USD. A pesar de estas fluctuaciones, se verifica que en el año 2018 llega a su pico más alto con un valor total equivalente a \$28.602.252,00 USD. En cuanto a la estimación monetaria de la pérdida de productividad de una persona por encontrarse hospitalizada, se evidencia que el grupo etario que perdería más ingresos serían las personas con edades mayores a 60 años, esto debido principalmente a que es el grupo con los días de estada más prolongados

por complicaciones en las vías respiratorias. Los valores fluctúan entre 598 a 814 mil USD al año, siendo este último valor el reportado en el año 2018. En la estimación de la facturación total por hospitalizaciones con enfermedades respiratorias, se observa que las cifras más altas se ubican dentro del grupo etario con edades mayores a 60 años, seguido del grupo que tiene entre 20 y 29 años. El valor total facturado por año fluctúa entre 9,7 a 13,2 millones de USD, siendo esta última cifra la del año 2018. Al comparar la recaudación total del IACV frente a las pérdidas económicas producidas por enfermedades respiratorias, se puede observar que el costo social del impuesto es menor a las pérdidas estimadas por patologías en las vías respiratorias. Evidenciándose una brecha que fluctúa entre \$856.083,79 USD (2014) y \$11.589.073,60 USD (2018).

Para finalizar, en el análisis cuantitativo se pudo observar que las concentraciones de PM10 y O3, presentan una relación inversa respecto a los ingresos hospitalarios por enfermedades respiratorias. Mientras que las concentraciones de PM25, SO2, CO y NO2, tendrían una relación directa con los ingresos hospitalarios; es decir, que mientras crecen las concentraciones de estos contaminantes en el aire, crecerían las afectaciones respiratorias de las personas. Además, analizando estadísticos de selección de orden del rezago: SBIC y HQIC, sugieren el uso del rezago 7. Al complementarse este análisis con la prueba de causalidad según Granger, se pudo verificar que la exposición a los contaminantes atmosféricos analizados; causarían afectaciones respiratorias en la salud de las personas residentes en Quito luego de 7 días.

7. Recomendaciones

El presente estudio ha tenido el propósito de realizar un análisis situacional de los efectos en la salud de la contaminación atmosférica en la ciudad de Quito entre 2013 y 2018. Sin embargo, los resultados obtenidos desde el ámbito económico ambiental y gracias al uso de herramientas econométricas podrían ser usados como un punto de partida, para perfeccionar las políticas actuales, con la finalidad de mejorar muchos de los indicadores presentados.

Al mencionar las políticas en favor del medio ambiente, es importante que se considere que los seres humanos formamos parte de un sistema integrado, en el que las acciones adoptadas por un individuo pueden impactar de manera positiva o negativa. Consecuentemente, resulta primordial considerar los conceptos relacionados con desarrollo sostenible para procurar un

equilibrio y la sostenibilidad medio ambiental, económica y social, a largo plazo. Un ejemplo claro, son los incentivos al uso de vehículos híbridos o eléctricos, ya que la efectividad de estas políticas se vería reflejadas, si dichos vehículos son reemplazados con vehículo de similares características a los convencionales. Por ejemplo, el efecto positivo podría ser mínimo al cambiar un vehículo que usa combustibles fósiles por un auto híbrido que usa un motor con mayor cilindraje. Así mismo, el cambio a vehículos motorizados con tecnología eléctrica o híbrida, debe ir de la mano con el uso de fuentes de energías renovables. Ya que, si estos vehículos son cargados con energía proveniente de termoeléctricas, solamente existe una transferencia del foco de contaminación ambiental, desde los vehículos convencionales hacia las centrales eléctricas que funcionan en base a combustibles proveniente de hidrocarburos.

El estudio también deja abierta la puerta a que se amplíe el análisis, pudiendo considerar otras variables o información más detallada que permita realizar un seguimiento en el tiempo de las personas. Con la finalidad de que los resultados puedan ampliar el conocimiento que se tiene sobre la afectación de la calidad del aire en las personas, contribuyendo con nuevos enfoques y nueva evidencia científica.

8. Bibliografía

- Ministerio de Salud Pública de Cuba. (2010). *Indicadores básicos para el análisis del estado de salud de la población*. La Habana: Ministerio de Salud Pública de Cuba.
- Alcívar, N. (2016). *Evaluación del Impuesto Ambiental a la Contaminación Vehicular; Análisis Comparativo con Otros Países de América Latina*. Quito: UASB.
- Almeida, M. D. (2014). *Política fiscal en favor del medio ambiente en el Ecuador*. Santiago de Chile: CEPAL.
- Álvarez, S. (2015). *Guía práctica para la valoración económica de los bienes y servicios ambientales de los ecosistemas*. Madrid: Ministerio del Ambiente de España.
- Ardila, R. (1966). *Técnicas estadísticas no paramétricas*. Bogotá: Departamento de Psicología - UNAL.
- Asamblea Nacional. (2011). *Ley de Fomento Ambiental y Optimización de los Ingresos del Estado*. Quito: Registro Oficial.

- Asociación Latinoamericana de Tórax. (2017). *Foro de las Sociedades Respiratorias Internacionales. El impacto global de la enfermedad respiratoria*. México: FIRS.
- Benavides, D. (2017). *Identificación de bacterias causantes de infecciones respiratorias presentes en material particulado PM10 en el Distrito Metropolitano de Quito*. Sangolquí: ESPE.
- Byrwa-Hill, B., Venkat, A., Presto, A., Rager, J., Gentile, D., & Talbott, E. (2020). *Lagged Association of Ambient Outdoor Air Pollutants with Asthma-Related Emergency Department Visits within the Pittsburgh Region*. Pittsburgh: International Journal of Environmental Research and Public Health.
- Camacho-Sandoval, J. (2008). *Asociación entre variables: correlación no paramétrica*. San José: ACM.
- Carnicer, J. (2007). *Contaminación atmosférica*. Madrid: EOI.
- Carrillo, P. (2015). *Efectos Macroeconómicos de la Política Fiscal en Ecuador 1993-2009*. Quito: INEC.
- Catalán, H. (25 de septiembre de 2015). *Curso: Econometría y Análisis de Políticas Fiscales*. Obtenido de Archivos de cursos de la CEPAL: https://www.cepal.org/sites/default/files/courses/files/hc_3_especificacion_var.pdf
- CEPAL. (2016). *Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible una oportunidad para América Latina y el Caribe*. Santiago: CEPAL.
- Chicaiza, W., Henríquez, A., Ortiz, E., Douce, R., & Corral, M. (2018). *The burden of acute respiratory infections in Ecuador 2011-2015*. Quito: PLoS ONE.
- Cohen, N., & Piovani, J. (2008). *Producción y reproducción de sentidos en torno a lo cualitativo y lo cuantitativo en la Sociología*. La Plata: EUDEBA/ EDULP.
- Díaz, I. (2014). *Guía de Asociación entre variables (Pearson y Spearman en SPSS)*. Santiago de Chile: Universidad de Chile.
- Dirección Actuarial, de Investigación y Estadística - IESS. (2020). *Boletín Estadístico Número 24 Años 2018 - 2019*. Quito: IESS.
- Fernández, R. (2006). *El inicio del fin de la era de los combustibles fósiles*. Madrid: Viento Sur.
- FLACSO - Ecuador, MAE & PNUMA. (2008). *GeoEcuador 2008: Informe sobre el estado del medio ambiente*. Quito: FLACSO - Ecuador.

- Fundación Natura y Municipio del Distrito Metropolitano de Quito. (2000). *Incremento de enfermedades respiratorias en escolares de Quito por contaminación atmosférica de origen vehicular*. Quito: Fundación Natura.
- González, J. (2006). *Estadística*. España: Ministerio de Educación, Política Social y Deporte.
- Hughes, A., & Tolsma, D. (2004). *Associations and Lags between Air Pollution and Acute Respiratory Visits in an Ambulatory Care Setting: 25-Month Results from the Aerosol Research and Inhalation Epidemiological Study*. Atlanta: Journal of the Air & Waste Management Association.
- IESS. (febrero de 2021). *Producción y Facturación Mensual de Establecimientos Internos y Externos IESS (2019 – 2021)*. Obtenido de <https://app.powerbi.com/view?r=eyJrIjoiMmU3MjIyN2UtYjAzOS00NmMwLTgxNjgtNTIiINGQyZTVlMzVjIiwidCI6Ijg4Y2MwY2EzLTg2ZjQtNGEyNy1iYTY5LTNmMTFhNjBiZTE0MyIsImMiOjR9>
- INEC. (2018). *Encuesta Nacional de Empleo, Desempleo y Subempleo (ENEMDU): Documento Metodológico*. Quito: INEC.
- INEC. (2018). *Encuesta Nacional de Empleo, Desempleo y Subempleo (ENEMDU): Indicadores Laborales*. Quito: INEC.
- INEC. (2020). *Evolución Histórica del Registro Estadístico Camas y Egresos Hospitalarios*. Quito: INEC.
- INEC. (2020). *Registro estadístico de camas y egresos hospitalarios 2019*. Quito: INEC.
- Kroc, M. (1999). *Monitoreo de la calidad del aire en América Latina*. Lima: OPS.
- Linares, P., & Romero, C. (2008). *Economía y medio ambiente herramientas de valoración ambiental*. Madrid: Dialnet.
- Lütkepohl, H. (2005). *New introduction to multiple time series analysis*. Berlin: Springer.
- MAE. (2010). *Plan Nacional de la Calidad del Aire*. Quito: MAE.
- MAE. (2011). *Norma ecuatoriana de calidad del Aire (NECA)*. Quito: Registro Oficial.
- Marradi, A., Archendi, N., & Piovani, J. (2011). *Metodología de las Ciencias Sociales*. Buenos Aires: CENGAGE.
- Martinez, D. (2012). *Salud Integral del Adolescente*. Recuperado el Julio de 2014, de <http://diegoe397.blogspot.com/>
- Monge, P. (2020). *Prevalencia de enfermedades respiratorias y su relación con contaminantes atmosféricos en parroquias del Distrito Metropolitano de Quito*. Quito: UCE.

- Montero, R. (2013). *Test de causalidad*. Granada: Universidad de Granada.
- MPS. (2020). *Informe de Cierre Brote Estacional de Influenza 2018 - 2019*. Quito: MSP.
- MSP. (2019). *Boletín anual - Tuberculosis 2018*. Quito: MSP.
- MSP. (2020). *Gaceta Enfermedades Respiratorias SE 50 - 2019*. Quito: MSP.
- MSP. (25 de julio de 2020). *Información General – Influenza*. Obtenido de <https://www.salud.gob.ec/informacion-general-influenza/>
- MSP. (2020). *Informe de Cierre Brote Estacional de Influenza 2018 - 2019*. Quito: MSP.
- Municipio del Distrito Metropolitano de Quito. (2017). *Indice Quiteño de la Calidad del Aire (IQCA)*. Quito: MDMQ.
- Municipio del Distrito Metropolitano de Quito. (5 de agosto de 2020). *Red de Monitoreo Atmosférico*. Obtenido de <http://www.quitoambiente.gob.ec/ambiente/index.php/politicas-y-planeacion-ambiental/red-de-monitoreo>
- Murillo, C. (2018). *Los impuestos ambientales en La Ley Orgánica de Régimen Tributario Interno: Efectividad en torno a su finalidad extra fiscal*. Cuenca: UC.
- OMS. (2005). *Guías de calidad del aire*. Ginebra: OMS.
- OMS. (2015). *Salud y medio ambiente: impacto sanitario de la contaminación del aire*. Ginebra: OMS.
- OMS. (2016). *Ambient air pollution: A global assessment of exposure and burden of disease*. Ginebra: OMS.
- OMS. (2016). *Preventing disease through healthy environments*. Ginebra: OMS.
- OMS. (08 de 05 de 2018). *Contaminación del aire de interiores y salud*. Recuperado el 20 de 07 de 2018, de <http://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/household-air-pollution-and-health>
- ONU. (9 de diciembre de 2020). *Las diez principales causas de muerte en el mundo, una lista que varía entre países ricos y pobres*. Obtenido de Noticias ONU: <https://news.un.org/es/story/2020/12/1485362>
- OPS. (19 de 09 de 2017). *Contaminación del Aire Ambiental*. Recuperado el 12 de 03 de 2018, de http://www.paho.org/hq/index.php?option=com_content&view=article&id=12918%3A2017-ambient-air-pollution&catid=2619%3Aenvironmental-health&Itemid=42246&lang=es

- Páez, C. (2008). *Gestión de la contaminación atmosférica urbana: El caso de Quito*. Quito: FLACSO.
- PNUD. (2016). *Informe sobre Desarrollo Humano 2016*. New York: PNUD.
- Quiroa, M. (26 de noviembre de 2020). *Economipedia*. Obtenido de <https://economipedia.com/definiciones/esperanza-de-vida.html>
- Restrepo, L. (2007). *De Pearson a Spearman*. Medellín: Universidad de Antioquia.
- Rodríguez, C. (2011). *Ensayos sobre la Granger Causalidad*. Guanajuato: Universidad de Guanajuato.
- Rojas, M., Dueñas, A., & Sidorovas, L. (2001). *Evaluación de la exposición al monóxido de carbono en vendedores de quioscos. Valencia, Venezuela*. Valencia: Panam Salud Publica.
- Sánchez, J., Valdés, S., & Ostro, B. (1998). *Los efectos en salud de la contaminación atmosférica por PM10 en Santiago*. Santiago: CEP.
- Secretaría de Ambiente - MDMQ. (2014). *Informe Anual de la Calidad de Aire - 2013*. Quito: MDMQ.
- Secretaría de Ambiente - MDMQ. (2015). *Informe Anual de la Calidad de Aire - 2014*. Quito: MDMQ.
- Secretaría de Ambiente - MDMQ. (2016). *Informe Anual de la Calidad de Aire - 2015*. Quito: MDMQ.
- Secretaría de Ambiente - MDMQ. (2017). *Informe Anual de la Calidad de Aire - 2016*. Quito: MDMQ.
- Secretaría de Ambiente - MDMQ. (2018). *Informe Anual de la Calidad de Aire - 2017*. Quito: MDMQ.
- Secretaría de Ambiente - MDMQ. (2020). *Informe Anual de la Calidad de Aire - 2018*. Quito: MDMQ.
- SRI. (16 de septiembre de 2019). *Impuesto Ambiental a la Contaminación Vehicular*. Obtenido de <https://www.sri.gob.ec/web/guest/impuesto-ambiental-a-la-contaminacion-vehicular1>
- Su, W., Wu, X., Geng, X., Zhao, X., Liu, Q., & Liu, T. (2019). *The short-term effects of air pollutants on influenza-like illness in Jinan, China*. Jinan: BMC Public Health.
- Watt, M. (1995). *Individual exposure to particulate air pollution and its relevance to thresholds for health effects: a study of traffic wardens*. Aberdeen: University of Aberdeen.

9. Anexos

Anexo 1. Capítulo X: Enfermedades del sistema respiratorio según la Clasificación Internacional de Enfermedades décima revisión (CIE-10)

Capítulo	Sub-capítulo	Código a 3 dígitos	Descripción
CAPITULO X. ENFERMEDADES DEL SISTEMA RESPIRATORIO	(J00-J06) INFECCIONES AGUDAS DE LAS VIAS RESPIRATORIAS SUPERIORES	J00	RINOFARINGITIS AGUDA [RESFRIADO COMUN]
		J01	SINUSITIS AGUDA
		J02	FARINGITIS AGUDA
		J03	AMIGDALITIS AGUDA
		J04	LARINGITIS Y TRAQUEITIS AGUDAS
		J05	LARINGITIS OBSTRUCTIVA AGUDA [CRUP] Y EPIGLOTITIS
	J06	INFECCIONES AGUDAS DE LAS VIAS RESPIRATORIAS SUPERIORES, DE SITIOS MÚLTIPLES O NO ESPECIFICADOS	
	(J09-J18) INFLUENZA [GRIPE] Y NEUMONIA	J09	INFLUENZA DEBIDA A CIERTOS VIRUS DE LA INFLUENZA IDENTIFICADOS
		J10	INFLUENZA DEBIDA A OTRO VIRUS DE LA INFLUENZA IDENTIFICADO
		J11	INFLUENZA DEBIDA A VIRUS NO IDENTIFICADO
		J12	NEUMONIA VIRAL, NO CLASIFICADA EN OTRA PARTE
		J13	NEUMONIA DEBIDA A STREPTOCOCCUS PNEUMONIAE
		J14	NEUMONIA DEBIDA A HAEMOPHILUS INFLUENZAE
		J15	NEUMONIA BACTERIANA, NO CLASIFICADA EN OTRA PARTE
		J16	NEUMONIA DEBIDA A OTROS MICROORGANISMOS INFECCIOSOS, NO CLASIFICADOS EN OTRA PARTE
		J17	NEUMONIA EN ENFERMEDADES CLASIFICADAS EN OTRA PARTE
		J18	NEUMONIA, ORGANISMO NO ESPECIFICADO
		(J20-J22) OTRAS INFECCIONES AGUDAS DE LAS VIAS RESPIRATORIAS INFERIORES	J20
	J21		BRONQUIOLITIS AGUDA
	J22		INFECCION AGUDA NO ESPECIFICADA DE LAS VIAS RESPIRATORIAS INFERIORES
	(J30-J39) OTRAS ENFERMEDADES DE LAS VIAS RESPIRATORIAS SUPERIORES	J30	RINITIS ALERGICA Y VASOMOTORA
		J31	RINITIS, RINOFARINGITIS Y FARINGITIS CRONICAS
		J32	SINUSITIS CRONICA
		J33	POLIPO NASAL
		J34	OTROS TRASTORNOS DE LA NARIZ Y DE LOS SENOS PARANASALES
		J35	ENFERMEDADES CRONICAS DE LAS AMIGDALAS Y DE LAS ADENOIDES
		J36	ABSCESO PERIAMIGDALINO
		J37	LARINGITIS Y LARINGOTRAQUEITIS CRONICAS
		J38	ENFERMEDADES DE LAS CUERDAS VOCALES Y DE LA LARINGE, NO CLASIFICADAS EN OTRA PARTE
		J39	OTRAS ENFERMEDADES DE LAS VIAS RESPIRATORIAS SUPERIORES
	(J40-J47) ENFERMEDADES CRONICAS DE VIAS RESPIRATORIAS INFERIORES	J40	BRONQUITIS, NO ESPECIFICADA COMO AGUDA O CRONICA
		J41	BRONQUITIS CRONICA SIMPLE Y MUCOPURULENTA
		J42	BRONQUITIS CRONICA NO ESPECIFICADA
		J43	ENFISEMA
		J44	OTRAS ENFERMEDADES PULMONARES OBSTRUCTIVAS CRONICAS
		J45	ASMA
		J46	ESTADO ASMATICO
	J47	BRONQUIECTASIA	
	(J60-J70) ENFERMEDADES DEL PULMON DEBIDAS A AGENTES EXTERNOS	J60	NEUMOCONIOSIS DE LOS MINEROS DEL CARBON
		J61	NEUMOCONIOSIS DEBIDA AL ASBESTO Y A OTRAS FIBRAS MINERALES
		J62	NEUMOCONIOSIS DEBIDA A POLVO DE SILICE
		J63	NEUMOCONIOSIS DEBIDA A OTROS POLVOS INORGANICOS
		J64	NEUMOCONIOSIS, NO ESPECIFICADA
		J65	NEUMOCONIOSIS ASOCIADA CON TUBERCULOSIS
		J66	ENFERMEDADES DE LAS VIAS AEREAS DEBIDAS A POLVOS ORGANICOS ESPECIFICOS
		J67	NEUMONITIS DEBIDA A HIPERSENSIBILIDAD AL POLVO ORGANICO
		J68	AFECCIONES RESPIRATORIAS DEBIDAS A INHALACION DE GASES, HUMOS, VAPORES Y SUSTANCIAS QUIMICAS
		J69	NEUMONITIS DEBIDA A SOLIDOS Y LIQUIDOS
	J70	AFECCIONES RESPIRATORIAS DEBIDAS A OTROS AGENTES EXTERNOS	
	(J80-J84) OTRAS	J80	SINDROME DE DIFICULTAD RESPIRATORIA DEL ADULTO
		J81	EDEMA PULMONAR

Capítulo	Sub-capítulo	Código a 3 dígitos	Descripción
	ENFERMEDADES RESPIRATORIAS QUE AFECTAN PRINCIPALMENTE AL INTERST	J82	EOSINOFILIA PULMONAR, NO CLASIFICADA EN OTRA PARTE
		J84	OTRAS ENFERMEDADES PULMONARES INTERSTICIALES
	(J85-J86) AFECCIONES SUPURATIVAS Y NECROTICAS DE VIAS RESPIRATORIAS INFERIORES	J85	ABSCESO DEL PULMON Y DEL MEDIASTINO
		J86	PIOTORAX
	(J90-J94) OTRAS ENFERMEDADES DE LA PLEURA	J90	DERRAME PLEURAL NO CLASIFICADO EN OTRA PARTE
		J91	DERRAME PLEURAL EN AFECCIONES CLASIFICADAS EN OTRA PARTE
		J92	PAQUIPLEURITIS
		J93	NEUMOTORAX
		J94	OTRAS AFECCIONES DE LA PLEURA
	(J95-J99) OTRAS ENFERMEDADES DEL SISTEMA RESPIRATORIO	J95	TRASTORNOS DEL SISTEMA RESPIRATORIO CONSECUTIVOS A PROCEDIMIENTOS, NO CLASIFICADOS EN OTRA PARTE
		J96	INSUFICIENCIA RESPIRATORIA, NO CLASIFICADA EN OTRA PARTE
		J98	OTROS TRASTORNOS RESPIRATORIOS
		J99	TRASTORNOS RESPIRATORIOS EN ENFERMEDADES CLASIFICADAS EN OTRA PARTE

Fuente: OMS

Elaboración: Carlos Velasco

Anexo 2. Fuentes y características de los contaminantes comunes o criterio y no convencionales que se pueden encontrar en la atmósfera

Contaminante	Características	Fuentes Principales	Efectos sobre la Salud
Partículas sedimentables	Material particulado en general de tamaño mayor a 10 µm. Partículas gruesas de tierra y polvo tóxicos.	Erosión eólica y tráfico en vías sin pavimento, actividades de construcción, molienda y aplastamiento de rocas.	Exposición continua a altas concentraciones causa irritación de garganta y mucosas.
PM₁₀	Material particulado suspendido de diámetro menor a 10 µm. Partículas de material sólido o gotas líquidas suspendidas en el aire. Puede presentarse como polvo, niebla, aerosoles, humo, hollín, etc.	Erosión eólica, tráfico en vías sin pavimento y actividades de construcción. Procesos de combustión (industria y vehículos de automoción).	Produce irritación de las vías respiratorias, agrava el asma y favorece las enfermedades cardiovasculares. Se relaciona con la silicosis y asbestosis. Causa deterioro de la función respiratoria (corto plazo). Asociado con el desarrollo de enfermedades crónicas, cáncer o muerte prematura (largo plazo).
PM_{2.5}	Material particulado suspendido menor a 2.5 µm.	Procesos de combustión (industrias, generación termoeléctrica). Incendios forestales y quemas. Purificación y procesamiento de metales.	Tiene la capacidad de ingresar al espacio alveolar o al torrente sanguíneo incrementando el riesgo de padecer enfermedades crónicas cardiovasculares y muerte prematura.
SO₂	Gas incoloro de olor fuerte. Puede oxidarse hasta SO ₃ y en presencia de agua formar H ₂ SO ₄ . Importante precursor de sulfatos e importante componente de partículas respirables.	Procesos de combustión. Centrales termoeléctricas, generadores eléctricos. Procesos metalúrgicos. Erupciones volcánicas. Uso de fertilizantes.	Altas concentraciones ocasionan dificultad para respirar, conjuntivitis, irritación severa en vías respiratorias y en pulmones. Causante de broncoconstricción, bronquitis, traqueítis y broncoespasmos, agravamiento de enfermedades respiratorias y cardiovasculares existentes y la muerte.
CO	Gas incoloro, inodoro e insípido.	Procesos de combustión incompleta. Los vehículos a gasolina constituyen la fuente más importante.	La hipoxia (falta de oxígeno) producida por inhalación de CO, puede afectar al corazón, cerebro, plaquetas y endotelio de los vasos sanguíneos. Asociado a disminución de la percepción visual, capacidad de trabajo, destreza manual y habilidad de aprendizaje.
O₃	Gas incoloro, inodoro a concentraciones ambientales y componente principal del smog foto químico.	No es emitido directamente a la atmósfera, se produce por reacciones fotoquímicas entre óxidos de nitrógeno y compuestos orgánicos volátiles, bajo la influencia de la radiación solar.	Concentraciones altas producen irritación ocular, de nariz y garganta, tos, dificultad y dolor durante la respiración profunda, dolor subesternal, opresión en el pecho, malestar general, debilidad, náusea y dolor de cabeza.
NO₂	Gas rojizo marrón, de olor fuerte y penetrante. Puede producir ácido nítrico, nitros y compuestos orgánicos tóxicos.	Procesos de combustión (vehículos, plantas industriales, centrales térmicas, incineradores).	Causa irritación pulmonar, bronquitis, pulmonía, reducción significativa de la resistencia respiratoria a las infecciones. Exposición continua a altas concentraciones incrementa la incidencia en enfermedades respiratorias en los niños, agravamiento de afecciones en individuos asmáticos y enfermedades respiratorias crónicas.
Benceno	El benceno es un líquido incoloro, que se evapora al aire muy rápidamente, es muy inflamable y de aroma dulce.	Incendios forestales, es un componente natural del petróleo crudo, gasolina, el humo de cigarrillo y otros materiales orgánicos que sean quemados.	Niveles muy altos puede causar la muerte. Niveles bajos pueden causar somnolencia, mareo y taquicardia. Exposición de larga duración puede causar anemia. Puede producir hemorragias y daños en el sistema inmunitario. Es un reconocido cancerígeno.
Cadmio	Metal que por lo general se encuentra combinado con otros componentes como el oxígeno.	Producción de metales, baterías, plásticos, humo de cigarrillo.	Niveles altos de cadmio puede dañar gravemente los pulmones. Exposición prolongada a niveles más bajos de cadmio en el aire, produce acumulación de cadmio en los riñones y posiblemente enfermedad renal. El cadmio y los compuestos de cadmio son carcinogénicos.
Mercurio inorgánico (vapores)	Metal que existe en forma natural en el ambiente y que tiene varias formas químicas.	Extracción de depósitos minerales, al quemar carbón y basura de plantas industriales. Por liberación de mercurio durante tratamientos médicos o dentales.	La inhalación de vapor de mercurio, de ser mortal por inhalación y perjudicial por absorción cutánea. Puede tener efectos perjudiciales en los sistemas nervioso, digestivo, respiratorio e inmunitario y en los riñones, además de provocar daños pulmonares.

Fuente: Secretaría de Ambiente del MDMQ

Elaboración: Secretaría de Ambiente del MDMQ

Anexo 3. Límites máximos permitidos por contaminante según NECA

Contaminante	Valor*	Unidad	Periodo de medición	Excedencia permitida
Partículas sedimentables	1	mg/cm ² durante 30 días	Máxima concentración de una muestra colectada durante 30 días de forma continua	No se permite
PM ₁₀	50	µg/m ³	Promedio aritmético de todas las muestras colectadas en 1 año	No se permite
	100	µg/m ³	Promedio aritmético de todas las muestras colectadas en 24 horas**	No se permite
PM _{2.5}	15	µg/m ³	Promedio aritmético de todas las muestras colectadas en 1 año	No se permite
	50	µg/m ³	Promedio aritmético de todas las muestras colectadas en 24 horas***	No se permite
SO ₂	60	µg/m ³	Promedio aritmético de todas las muestras colectadas en 1 año	No se permite
	125	µg/m ³	Concentración en 24 horas de todas las muestras colectadas	No se permite
	500	µg/m ³	Concentración en un período de 10 minutos de todas las muestras colectadas	No se permite
CO	10	mg/m ³	Concentración en 8 horas consecutivas	1 vez por año
	30	mg/m ³	Concentración máxima en 1 hora	1 vez por año
O ₃	100	µg/m ³	Concentración máxima en 8 horas consecutivas	1 vez por año
NO ₂	40	µg/m ³	Promedio aritmético de todas las muestras colectadas en 1 año	No se permite
	200	µg/m ³	Concentración máxima en 1 hora de todas las muestras colectadas	No se permite
Benceno	5	µg/m ³	Promedio aritmético de todas las muestras colectadas en 1 año	No se permite
Cadmio Anual	5 x 10 ⁻³	µg/m ³	Promedio aritmético de todas las muestras colectadas en 1 año	No se permite
Mercurio inorgánico (vapores)	1	µg/m ³	Promedio aritmético de todas las muestras colectadas en 1 año	No se permite

* Deben reportarse en las siguientes condiciones: 25°C de temperatura y 760 mm Hg de presión atmosférica

** Se considera sobrepasada la Norma para PM10 cuando el percentil 98 de las concentraciones de 24 horas registradas durante un periodo anual en cualquier estación monitorea sea mayor o igual a (100 µg/m³).

*** Se considera sobrepasada la Norma para PM2.5 cuando el percentil 98 de las concentraciones de 24 horas registradas durante un periodo anual en cualquier estación monitorea sea mayor o igual a (50 µg/m³).

Fuente: Secretaría de Ambiente del MDMQ

Elaboración: Secretaría de Ambiente del MDMQ

Anexo 4. Límites máximos permitidos por contaminante según Guías de calidad del aire de la OMS

Contaminante	Valor	Unidad	Periodo de medición
PM _{2.5}	10	µg/m ³	Media anual
	25	µg/m ³	Media de 24 horas
PM ₁₀	20	µg/m ³	Media anual
	50	µg/m ³	Media de 24 horas
O ₃	100	µg/m ³	Media de 8 horas
NO ₂	40	µg/m ³	Media anual
	200	µg/m ³	Media de 1 hora
SO ₂	20	µg/m ³	Media de 24 horas
	500	µg/m ³	Media de 10 minutos

Fuente: OMS

Elaboración: OMS

Anexo 5. Ingresos hospitalarios por enfermedades respiratorias en Quito – Subcapítulos CIE10
Período: 2007 – 2018

Año	Número de ingresos	Ingresos Sector			Privado con fines de lucro	Privado sin fines de lucro			Público				Sexo		Grupo edad							
		Público	Privado con fines de lucro	Privado sin fines de lucro	Privados con Fines de Lucro	Junta Beneficencia de Guayaquil	Sociedad de Lucha contra el Cáncer	Privados Sin Fines de Lucro	Ministerio de Salud Pública	Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social	Ministerio de Defensa Nacional	Otros Públicos	Hombre	Mujer	Menor de 1 año	1 - 4 años	5 - 9 años	10 - 14 años	15 - 19 años	20 - 39 años	40 - 64 años	Mayor igual a 65 años
2007	10.617	4.875	5.671	71	5.671	11	24	36	2.887	1.096	693	199	5.768	4.849	1.419	2.019	820	344	567	1.855	1.329	2.264
2008	11.933	5.223	6.625	85	6.625	4	42	39	3.130	1.213	667	213	6.347	5.586	1.594	2.279	815	355	599	2.114	1.582	2.595
2009	13.581	6.154	7.370	57	7.370	1	36	20	3.659	1.481	756	258	7.258	6.323	1.708	2.389	904	413	680	2.847	2.140	2.500
2010	12.774	5.946	6.651	177	6.651	3	72	102	3.356	1.660	718	212	6.833	5.941	1.776	2.503	748	346	575	2.358	1.800	2.668
2011	13.300	5.708	7.502	90	7.502	4	67	19	3.106	1.728	660	214	7.180	6.120	1.591	2.467	827	346	674	2.733	1.948	2.714
2012	13.714	6.392	7.202	120	7.202	1	106	13	3.874	1.621	710	187	7.396	6.318	2.012	2.585	942	417	694	2.511	1.759	2.794
2013	15.696	6.533	9.038	125	9.038	2	97	26	4.060	1.593	675	205	8.507	7.189	2.440	3.471	997	415	638	2.562	2.075	3.098
2014	14.535	7.430	6.562	543	6.562	2	145	396	3.906	2.508	744	272	7.760	6.775	2.182	3.286	925	372	529	2.214	1.763	3.264
2015	13.413	6.643	6.541	229	6.541	6	150	73	3.384	2.383	659	217	7.254	6.159	1.403	2.924	894	305	558	2.300	1.749	3.280
2016	16.006	8.219	7.563	224	7.563	4	158	62	4.569	2.650	737	263	8.574	7.432	1.844	4.147	1.284	401	560	2.323	2.000	3.447
2017	15.711	7.852	6.775	1.084	6.775	4	155	925	4.423	2.469	678	282	8.122	7.589	1.959	3.862	1.146	408	559	2.090	1.901	3.786
2018	18.414	10.250	6.199	1.965	6.199	5	193	1.767	4.651	4.613	667	319	9.491	8.923	2.313	4.499	1.361	420	580	2.245	2.323	4.673

Año	Número de ingresos	Sub-capítulos pertenecientes al Capítulo X: Enfermedades del sistema respiratorio del CIE-10									
		Infecciones agudas de las vías respiratorias superiores (J00-J06)	Influenza [gripe] y neumonía (J09-J18)	Otras infecciones agudas de las vías respiratorias inferiores (J20-J22)	Otras enfermedades de las vías respiratorias superiores (J30-J39)	Enfermedades crónicas de vías respiratorias inferiores (J40-J47)	Enfermedades del pulmón debidas a agentes externos (J60-J70)	Otras enfermedades respiratorias que afectan principalmente al intersticio (J80-J84)	Afecciones supurativas y necróticas de vías respiratorias inferiores (J85-J86)	Otras enfermedades de la pleura (J90-J94)	Otras enfermedades del sistema respiratorio (J95-J99)
2007	10.617	639	4.713	475	2.775	1.215	77	215	48	194	266
2008	11.933	774	5.473	490	2.929	1.365	78	275	54	211	284
2009	13.581	989	6.957	563	3.060	1.043	123	269	45	202	330
2010	12.774	752	6.047	493	3.127	1.205	99	339	40	263	409
2011	13.300	709	6.274	447	3.626	1.202	98	300	38	232	374
2012	13.714	874	5.979	665	3.649	1.333	119	326	42	321	406
2013	15.696	1.066	7.786	663	3.555	1.453	80	303	45	280	465
2014	14.535	864	7.004	724	3.275	1.431	74	317	47	332	467
2015	13.413	868	6.008	545	3.393	1.280	121	328	39	300	531
2016	16.006	944	8.262	958	3.051	1.223	114	387	59	359	649
2017	15.711	1.162	8.171	965	2.603	1.192	133	434	43	357	651
2018	18.414	1.062	10.422	1.042	2.647	1.429	114	530	58	352	758

Fuente: Base de Egresos Hospitalarios - INEC
Elaboración: Carlos Velasco

Anexo 6. Egresos hospitalarios por enfermedades respiratorias en Quito – Subcapítulos CIE10
Período: 2007 – 2018

Año	Número de egresos	Promedio de días estada	Egresos Sector			Privado con fines de lucro	Privado sin fines de lucro			Público				Condición egreso			Mortalidad hospitalaria	
			Público	Privado con fines de lucro	Privado sin fines de lucro	Privados con Fines de Lucro	Junta Beneficencia de Guayaquil	Privados Sin Fines de Lucro	Sociedad de Lucha contra el Cáncer	Ministerio de Salud Pública	Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social	Ministerio de Defensa Nacional	Otros Públicos	Alta	Fallecido menos de 48 horas	Fallecido en 48 horas y más	Mortalidad bruta	Mortalidad neta
2007	10.645	5,2	4.895	5.677	73	5.677	13	36	24	2.898	1.105	695	197	10.356	59	230	2,7%	2,2%
2008	11.946	6,8	5.229	6.634	83	6.634	4	38	41	3.148	1.202	668	211	11.626	58	262	2,7%	2,2%
2009	13.565	5,2	6.144	7.367	54	7.367	1	19	34	3.638	1.487	759	260	13.166	83	316	2,9%	2,3%
2010	12.609	5,9	5.856	6.578	175	6.578	3	99	73	3.313	1.632	707	204	12.199	80	330	3,3%	2,6%
2011	13.480	6,2	5.819	7.570	91	7.570	4	19	68	3.176	1.747	671	225	13.147	46	287	2,5%	2,1%
2012	13.658	5,8	6.369	7.173	116	7.173	1	11	104	3.854	1.623	706	186	13.289	46	323	2,7%	2,4%
2013	15.631	5,9	6.474	9.043	114	9.043	2	15	97	4.029	1.561	678	206	15.228	54	349	2,6%	2,2%
2014	14.495	5,8	7.415	6.541	539	6.541	2	394	143	3.909	2.511	731	264	14.015	69	411	3,3%	2,8%
2015	13.482	7,2	6.695	6.551	236	6.551	5	78	153	3.401	2.394	676	224	13.016	69	397	3,5%	2,9%
2016	15.954	6,3	8.169	7.557	228	7.557	5	66	157	4.531	2.657	721	260	15.414	59	481	3,4%	3,0%
2017	15.632	5,6	7.799	6.764	1.069	6.764	3	910	156	4.405	2.434	682	278	15.120	69	443	3,3%	2,8%
2018	18.414	7,9	10.253	6.200	1.961	6.200	6	1.764	191	4.689	4.578	667	319	17.754	109	551	3,6%	3,0%

Fuente: Base de Egresos Hospitalarios - INEC

Elaboración: Carlos Velasco

Anexo 7. Mortalidad por enfermedades respiratorias en Quito – Subcapítulos CIE10
Período: 2007 – 2018

Año	Número de fallecidos	Ingresos Sector				Sexo		Grupo edad								
		Casa	Establecimiento de salud público	Establecimiento de salud privado	Otro	Hombre	Mujer	Menor de 1 año	1 - 4 años	5 - 9 años	10 - 14 años	15 - 19 años	20 - 39 años	40 - 64 años	Mayor igual a 65 años	Sin información
2013	1.027	353	332	219	123	573	454	50	26	3	7	6	33	120	782	
2014	986	389	379	183	35	543	443	44	19	6	1	4	28	61	823	
2015	972	363	347	181	81	517	455	29	15	2	2	10	20	79	815	
2016	999	431	373	158	37	570	429	34	15	6	5	3	34	87	814	1
2017	1.039	437	394	165	43	529	510	38	17	2	3	5	27	84	861	2
2018	1.181	425	552	171	33	599	582	28	29	2	5	4	40	113	960	
2019	1.107	398	525	151	33	595	512	29	13	3	4	2	21	95	939	1
Total genera	7.311	2.796	2.902	1.228	385	3.926	3.385	252	134	24	27	34	203	639	5.994	4

Año	Número de muertes	Sub-capítulos pertenecientes al Capítulo X: Enfermedades del sistema respiratorio del CIE-10					
		Infecciones agudas de las vías respiratorias superiores (J00-J06)	Influenza [gripe] y neumonía (J09-J18)	Otras infecciones agudas de las vías respiratorias inferiores (J20-J22)	Enfermedades crónicas de vías respiratorias inferiores (J40-J47)	Otras enfermedades respiratorias que afectan principalmente al intersticio (J80-J84)	Otras enfermedades del sistema respiratorio (J95-J99)
2013	1.027	2	578	6	282	138	21
2014	986	1	502	9	327	129	18
2015	972	2	453	4	306	199	8
2016	999	1	469	7	303	211	8
2017	1.039	1	481	6	275	269	7
2018	1.181	4	617	5	295	238	22

Fuente: Base de Defunciones Generales - INEC

Elaboración: Carlos Velasco

Anexo 8. Criterios de selección de rezagos - Concentraciones de Conjunta

Variable exógena: Ingresos hospitalarios por enfermedades respiratorias

Variable endógena: PM10, PM2,5, SO₂, CO, O₃ y NO₂

```
. varsoc Ingresos, maxlag(10) exog(PM10 PM25 SO2 CO O3 NO2)
```

Selection-order criteria
Sample: 11aug2013 - 31dec2018, but with a gap
Number of obs = 1965

lag	LL	LR	df	p	FPE	AIC	HQIC	SBIC
0	-8180.33				243.54	8.33316	8.34047	8.35305
1	-7625.21	1110.2	1	0.000	138.559	7.76917	7.77752	7.7919
2	-7613.7	23.017	1	0.000	137.085	7.75848	7.76787	7.78405
3	-7523.93	179.55	1	0.000	125.241	7.66812	7.67856	7.69653
4	-7494.56	58.734	1	0.000	121.677	7.63925	7.65073	7.6705
5	-7475.48	38.156	1	0.000	119.458	7.62085	7.63338	7.65494
6	-7322.64	305.69	1	0.000	102.352	7.4663	7.47987	7.50324
7	-7156.18	332.91*	1	0.000	86.4892*	7.2979*	7.31252*	7.33768*
8	-7155.49	1.3916	1	0.238	86.516	7.29821	7.31387	7.34083
9	-7154.51	1.9449	1	0.163	86.5184	7.29823	7.31494	7.3437
10	-7154.44	.14433	1	0.704	86.6002	7.29918	7.31693	7.34748

Endogenous: Ingresos
Exogenous: PM10 PM25 SO2 CO O3 NO2 _cons

Fuente: Secretaría de Ambiente del MDMQ / Base de Egresos Hospitalarios - INEC

Elaboración: Carlos Velasco

Anexo 9. Criterios de selección de rezagos – Concentraciones de PM10

Variable exógena: Ingresos hospitalarios por enfermedades respiratorias

Variable endógena: PM10

```
. varsoc Ingresos, maxlag(10) exog(PM10)
```

Selection-order criteria
Sample: 11aug2013 - 31dec2018
Number of obs = 1969

lag	LL	LR	df	p	FPE	AIC	HQIC	SBIC
0	-8242.43				253.75	8.37423	8.37631	8.3799
1	-7661.18	1162.5	1	0.000	140.748	7.78485	7.78797	7.79336
2	-7651.51	19.347	1	0.000	139.513	7.77604	7.78021	7.78738
3	-7566.92	169.17	1	0.000	128.157	7.69114	7.69635	7.70532
4	-7543.58	46.69	1	0.000	125.281	7.66844	7.67469	7.68546
5	-7530.74	25.678	1	0.000	123.784	7.65641	7.66371	7.67627
6	-7386.04	289.4	1	0.000	106.973	7.51045	7.51879	7.53314
7	-7200.49	371.1*	1	0.000	88.6874	7.32299	7.33238*	7.34852*
8	-7199.69	1.5906	1	0.207	88.7059	7.3232	7.33363	7.35157
9	-7198.18	3.0216	1	0.082	88.6598*	7.32268*	7.33415	7.35389
10	-7198.18	.00715	1	0.933	88.7496	7.3237	7.3362	7.35774

Endogenous: Ingresos
Exogenous: PM10 _cons

Fuente: Secretaría de Ambiente del MDMQ / Base de Egresos Hospitalarios - INEC

Elaboración: Carlos Velasco

Anexo 12. Criterios de selección de rezagos - Concentraciones de CO

Variable exógena: Ingresos hospitalarios por enfermedades respiratorias

Variable endógena: CO

```
. varsoc Ingresos, maxlag(10) exog(CO)
```

Selection-order criteria
Sample: 11aug2013 - 31dec2018, but with a gap
Number of obs = 1965

lag	LL	LR	df	p	FPE	AIC	HQIC	SBIC
0	-8230.91				255.106	8.37956	8.38164	8.38524
1	-7641.27	1179.3	1	0.000	140.127	7.78042	7.78356	7.78895
2	-7629.63	23.269	1	0.000	138.618	7.7696	7.77378	7.78097
3	-7543.29	172.68	1	0.000	127.086	7.68274	7.68796	7.69695
4	-7519.61	47.361	1	0.000	124.186	7.65966	7.66592	7.6767
5	-7506	27.228	1	0.000	122.602	7.64682	7.65413	7.66671
6	-7364.18	283.64	1	0.000	106.23	7.50349	7.51184	7.52622
7	-7183.93	360.49*	1	0.000	88.5149	7.32105	7.33045*	7.34662*
8	-7183.13	1.59	1	0.207	88.5333	7.32126	7.3317	7.34967
9	-7181.61	3.0568	1	0.080	88.4857*	7.32072*	7.3322	7.35197
10	-7181.6	.00691	1	0.934	88.5755	7.32173	7.33426	7.35583

Endogenous: Ingresos
Exogenous: CO _cons

Fuente: Secretaría de Ambiente del MDMQ / Base de Egresos Hospitalarios - INEC

Elaboración: Carlos Velasco

Anexo 13. Criterios de selección de rezagos - Concentraciones de O₃

Variable exógena: Ingresos hospitalarios por enfermedades respiratorias

Variable endógena: O₃

```
. varsoc Ingresos, maxlag(10) exog(O3)
```

Selection-order criteria
Sample: 11aug2013 - 31dec2018, but with a gap
Number of obs = 1965

lag	LL	LR	df	p	FPE	AIC	HQIC	SBIC
0	-8207.07				248.99	8.35529	8.35738	8.36097
1	-7636.28	1141.6	1	0.000	139.418	7.77535	7.77848	7.78387
2	-7626.63	19.296	1	0.000	138.196	7.76655	7.77073	7.77791
3	-7544.59	164.1	1	0.000	127.253	7.68406	7.68928	7.69826
4	-7522.63	43.919	1	0.000	124.567	7.66272	7.66899	7.67977
5	-7511.07	23.112	1	0.000	123.236	7.65198	7.65929	7.67187
6	-7370.28	281.58	1	0.000	106.893	7.5097	7.51805	7.53243
7	-7185.78	369.01*	1	0.000	88.6813	7.32293	7.33232*	7.3485*
8	-7185.01	1.5353	1	0.215	88.7023	7.32316	7.3336	7.35158
9	-7183.38	3.2453	1	0.072	88.6461*	7.32253*	7.33402	7.35378
10	-7183.37	.03552	1	0.851	88.7348	7.32353	7.33606	7.35762

Endogenous: Ingresos
Exogenous: O3 _cons

Fuente: Secretaría de Ambiente del MDMQ / Base de Egresos Hospitalarios - INEC

Elaboración: Carlos Velasco

Anexo 14. Criterios de selección de rezagos - Concentraciones de NO₂

Variable exógena: Ingresos hospitalarios por enfermedades respiratorias

Variable endógena: NO₂

```
. varsoc Ingresos, maxlag(10) exog(NO2)
```

Selection-order criteria
Sample: 11aug2013 - 31dec2018, but with a gap
Number of obs = 1965

lag	LL	LR	df	p	FPE	AIC	HQIC	SBIC
0	-8237.21				256.747	8.38597	8.38805	8.39165
1	-7645.71	1183	1	0.000	140.762	7.78494	7.78808	7.79347
2	-7633.36	24.696	1	0.000	139.145	7.77339	7.77757	7.78476
3	-7542.3	182.12	1	0.000	126.957	7.68173	7.68695	7.69593
4	-7514.53	55.529	1	0.000	123.546	7.65449	7.66075	7.67154
5	-7497.93	33.208	1	0.000	121.599	7.6386	7.64591	7.65849
6	-7347.47	300.93	1	0.000	104.439	7.48648	7.49483	7.50921
7	-7170.59	353.75*	1	0.000	87.3213*	7.30747*	7.31687*	7.33304*
8	-7169.78	1.627	1	0.202	87.3379	7.30766	7.3181	7.33607
9	-7168.68	2.1912	1	0.139	87.3294	7.30756	7.31905	7.33882
10	-7168.66	.04587	1	0.830	87.4163	7.30856	7.32109	7.34265

Endogenous: Ingresos
Exogenous: NO2 _cons

Fuente: Secretaría de Ambiente del MDMQ / Base de Egresos Hospitalarios - INEC

Elaboración: Carlos Velasco

Anexo 15. Test Dickey-Fuller: Ingresos hospitalarios

```
. dfuller Ingresos, lags(0) regress
```

Dickey-Fuller test for unit root
Number of obs = 1978

Test Statistic	1% Critical Value	5% Critical Value	10% Critical Value
Z(t)	-3.430	-2.860	-2.570

MacKinnon approximate p-value for Z(t) = 0.0000

D.Ingresos	Coef.	Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]
Ingresos L1.	-.3284792	.0166675	-19.71	0.000	-.3611668 - .2957915
_cons	13.99837	.758733	18.45	0.000	12.51037 15.48637

Fuente: Secretaría de Ambiente del MDMQ / Base de Egresos Hospitalarios - INEC

Elaboración: Carlos Velasco

Anexo 16. Test Dickey-Fuller y Test de Granger: Concentraciones de PM10 – 7 Rezagos

```
. dfuller PM10, lags(7) regress
```

Augmented Dickey-Fuller test for unit root Number of obs = 1971

Test Statistic	Interpolated Dickey-Fuller			
	1% Critical Value	5% Critical Value	10% Critical Value	
Z(t)	-8.152	-3.430	-2.860	-2.570

MacKinnon approximate p-value for Z(t) = 0.0000

D.PM10	Coef.	Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]
PM10					
L1.	-.1651184	.0202554	-8.15	0.000	-.2048427 - .125394
LD.	-.2596896	.0275112	-9.44	0.000	-.3136439 - .2057354
L2D.	-.2115643	.027632	-7.66	0.000	-.2657554 - .1573732
L3D.	-.164601	.027325	-6.02	0.000	-.2181901 - .1110118
L4D.	-.1449349	.0266888	-5.43	0.000	-.1972762 - .0925936
L5D.	-.111588	.0258421	-4.32	0.000	-.1622688 - .0609072
L6D.	-.0700998	.024535	-2.86	0.004	-.1182173 - .0219823
L7D.	.0205459	.0226805	0.91	0.365	-.0239345 .0650263
_cons	7.09459	.9006645	7.88	0.000	5.32823 8.860949

```
. var Ingresos PM10, lags(7) small dfk
```

Vector autoregression

Sample: 08aug2013 - 31dec2018 No. of obs = 1972

Log likelihood = -15373.1 AIC = 15.59747

FPE = 20367.88 HQIC = 15.60371

Det(Sigma_ml) = 20244.31 SBIC = 15.61447

Equation	Parms	RMSE	R-sq	F	P > F
Ingresos	3	10.5136	0.5695	1302.487	0.0000
PM10	3	13.5554	0.1792	214.9535	0.0000

	Coef.	Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]
Ingresos					
Ingresos L7.	.7548607	.0151157	49.94	0.000	.7252162 .7845053
PM10 L7.	-.0682133	.0159495	-4.28	0.000	-.0994929 -.0369337
_cons	13.49495	1.023395	13.19	0.000	11.4879 15.502
PM10					
Ingresos L7.	-.0766391	.0194892	-3.93	0.000	-.1148607 -.0384176
PM10 L7.	.4054097	.0205641	19.71	0.000	.36508 .4457394
_cons	28.78808	1.319493	21.82	0.000	26.20034 31.37583

```
. vargranger
```

Granger causality Wald tests

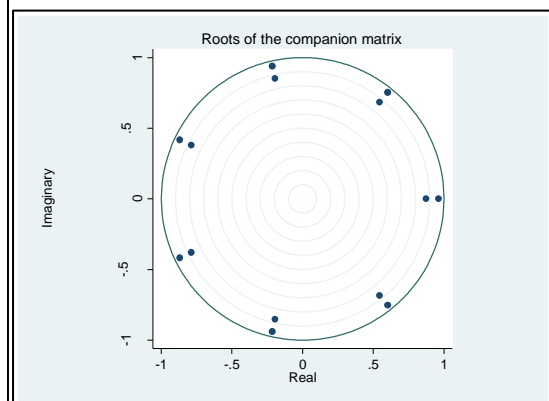
Equation	Excluded	F	df	df_r	Prob > F
Ingresos	PM10	18.291	1	1969	0.0000
Ingresos	ALL	18.291	1	1969	0.0000
PM10	Ingresos	15.464	1	1969	0.0001
PM10	ALL	15.464	1	1969	0.0001

```
. varstable, graph
```

Eigenvalue stability condition

Eigenvalue	Modulus
-.8678249 + .4179224i	.963213
-.8678249 - .4179224i	.963213
.6005534 + .7530702i	.963213
.6005534 - .7530702i	.963213
-.214335 + .9390632i	.963213
-.214335 - .9390632i	.963213
.9632129	.963213
-.1945883 + .8525473i	.874472
-.1945883 - .8525473i	.874472
.5452244 + .6836898i	.874472
.5452244 - .6836898i	.874472
.8744721	.874472
-.7878721 + .3794192i	.874472
-.7878721 - .3794192i	.874472

All the eigenvalues lie inside the unit circle.
VAR satisfies stability condition.



Fuente: Secretaría de Ambiente del MDMQ / Base de Egresos Hospitalarios - INEC
Elaboración: Carlos Velasco

Anexo 17. Test Dickey-Fuller y Test de Granger: Concentraciones de PM2,5 – 7 Rezagos

```
. dfuller PM25, lags(7) regress
```

Augmented Dickey-Fuller test for unit root Number of obs = 1971

Test Statistic	Interpolated Dickey-Fuller			
	1% Critical Value	5% Critical Value	10% Critical Value	
Z(t)	-11.095	-3.430	-2.860	-2.570

MacKinnon approximate p-value for Z(t) = 0.0000

D.PM25	Coef.	Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]	
PM25						
L1.	-.3374528	.0304137	-11.10	0.000	-.3970993	-.2778062
L2.	-.1740774	.0332009	-5.24	0.000	-.2391901	-.1089647
L3.	-.1420783	.0321538	-4.42	0.000	-.2051375	-.0790192
L4.	-.1187707	.0307613	-3.86	0.000	-.1790989	-.0584425
L5.	-.107458	.0291721	-3.68	0.000	-.1646695	-.0502464
L6.	-.0961564	.0273782	-3.51	0.000	-.1498497	-.042463
L7.	-.0646484	.0252408	-2.56	0.011	-.1141501	-.0151468
_cons	.0362299	.0225247	1.61	0.108	-.0079449	.0804046
_cons	5.923904	.5430651	10.91	0.000	4.858859	6.988949

```
. var Ingresos PM25, lags(7) small dfk
```

Vector autoregression

Sample: 08aug2013 - 31dec2018 No. of obs = 1972

Log likelihood = -13385.05 AIC = 13.58119

FPE = 2711.979 HQIC = 13.58743

Det(Sigma_ml) = 2695.526 SBIC = 13.59819

Equation	Parms	RMSE	R-sq	F	P > F
Ingresos	3	10.5282	0.5683	1296.13	0.0000
PM25	3	4.9444	0.0393	40.30804	0.0000

	Coef.	Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]	
Ingresos						
Ingresos L7.	.7589995	.0150592	50.40	0.000	.7294658	.7885332
PM25 L7.	.1684543	.0471448	3.57	0.000	.0759954	.2609132
_cons	7.424954	1.037549	7.16	0.000	5.390146	9.459763
PM25						
Ingresos L7.	.0039142	.0070723	0.55	0.580	-.0099558	.0177843
PM25 L7.	.1970236	.0221408	8.90	0.000	.1536018	.2404454
_cons	13.94233	.4872678	28.61	0.000	12.98672	14.89795

```
. vargranger
```

Granger causality Wald tests

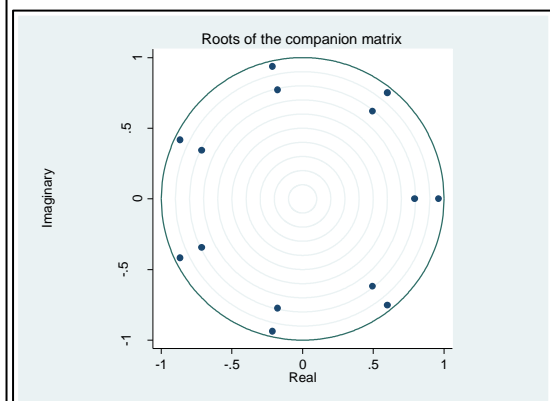
Equation	Excluded	F	df	df_r	Prob > F
Ingresos	PM25	12.767	1	1969	0.0004
Ingresos	ALL	12.767	1	1969	0.0004
PM25	Ingresos	.30632	1	1969	0.5800
PM25	ALL	.30632	1	1969	0.5800

```
. varstable, graph
```

Eigenvalue stability condition

Eigenvalue	Modulus
-.8663573 + .4172157i	.961584
-.8663573 - .4172157i	.961584
-.2139726 + .9374752i	.961584
-.2139726 - .9374752i	.961584
.5995379 + .7517967i	.961584
.5995379 - .7517967i	.961584
.9615841	.961584
.4939426 + .6193844i	.792222
.4939426 - .6193844i	.792222
-.1762861 + .7723597i	.792222
-.1762861 - .7723597i	.792222
-.7137677 + .3437324i	.792222
-.7137677 - .3437324i	.792222
.7922224	.792222

All the eigenvalues lie inside the unit circle.
VAR satisfies stability condition.



Fuente: Secretaría de Ambiente del MDMQ / Base de Egresos Hospitalarios - INEC
Elaboración: Carlos Velasco

Anexo 18. Test Dickey-Fuller y Test de Granger: Concentraciones de SO₂ – 7 Rezagos

```
. dfuller SO2, lags(7) regress
```

Augmented Dickey-Fuller test for unit root Number of obs = 1959

Test Statistic	Interpolated Dickey-Fuller			
	1% Critical Value	5% Critical Value	10% Critical Value	
Z(t)	-7.893	-3.430	-2.860	-2.570

MacKinnon approximate p-value for Z(t) = 0.0000

D.SO2	Coef.	Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]
SO2					
L1.	-.1855449	.0235066	-7.89	0.000	-.2316456 -.1394442
LD.	-.2864818	.0294204	-9.74	0.000	-.3441806 -.228783
L2D.	-.2996375	.0294218	-10.18	0.000	-.357339 -.2419361
L3D.	-.2520729	.0291652	-8.64	0.000	-.3092711 -.1948746
L4D.	-.169194	.0285812	-5.92	0.000	-.2252469 -.113141
L5D.	-.1534218	.0270407	-5.67	0.000	-.2064536 -.10039
L6D.	-.0955912	.0249443	-3.83	0.000	-.1445116 -.0466709
L7D.	-.0382475	.0226264	-1.69	0.091	-.082622 .0061269
_cons	.7578638	.1005759	7.54	0.000	.5606162 .9551113

```
. var Ingresos SO2, lags(7) small dfk
```

Vector autoregression

Sample: 08aug2013 - 31dec2018, but with gaps No. of obs = 1964

Log likelihood = -11159.07 AIC = 11.36972

FPE = 297.0708 HQIC = 11.37599

Det(Sigma_ml) = 295.2613 SBIC = 11.38678

Equation	Parms	RMSE	R-sq	F	P > F
Ingresos	3	10.5579	0.5666	1282.058	0.0000
SO2	3	1.63169	0.1315	148.5215	0.0000

	Coef.	Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]
Ingresos					
Ingresos L7.	.7612355	.015105	50.40	0.000	.7316119 .7908591
SO2 L7.	.303635	.1367116	2.22	0.026	.0355196 .5717504
_cons	9.05482	.8621647	10.50	0.000	7.363964 10.74568
SO2					
Ingresos L7.	-.0021582	.0023344	-0.92	0.355	-.0067365 .00242
SO2 L7.	.364145	.0211283	17.23	0.000	.3227087 .4055812
_cons	2.691811	.1332445	20.20	0.000	2.430496 2.953127

```
. vargranger
```

Granger causality Wald tests

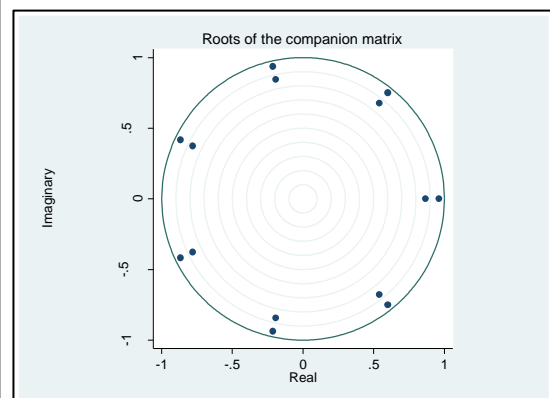
Equation	Excluded	F	df	df_r	Prob > F
Ingresos	SO2	4.9328	1	1961	0.0265
Ingresos	ALL	4.9328	1	1961	0.0265
SO2	Ingresos	.85475	1	1961	0.3553
SO2	ALL	.85475	1	1961	0.3553

```
. varstable, graph
```

Eigenvalue stability condition

Eigenvalue	Modulus
-.8662609 + .4171693i	.961477
-.8662609 - .4171693i	.961477
.9614771	.961477
.5994712 + .751713i	.961477
.5994712 - .751713i	.961477
-.2139488 + .9373708i	.961477
-.2139488 - .9373708i	.961477
-.7803984 + .3758201i	.866177
-.7803984 - .3758201i	.866177
.5400525 + .6772044i	.866177
.5400525 - .6772044i	.866177
.8661769	.866177
-.1927425 + .8444601i	.866177
-.1927425 - .8444601i	.866177

All the eigenvalues lie inside the unit circle.
VAR satisfies stability condition.



Fuente: Secretaría de Ambiente del MDMQ / Base de Egresos Hospitalarios - INEC
Elaboración: Carlos Velasco

Anexo 19. Test Dickey-Fuller y Test de Granger: Concentraciones de CO – 7 Rezagos

```
. dfuller CO, lags(7) regress
```

Augmented Dickey-Fuller test for unit root Number of obs = 1959

Test Statistic	Interpolated Dickey-Fuller			
	1% Critical Value	5% Critical Value	10% Critical Value	
Z(t)	-13.699	-3.430	-2.860	-2.570

MacKinnon approximate p-value for Z(t) = 0.0000

D.CO	Coef.	Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]	
CO						
L1.	-.367152	.0268006	-13.70	0.000	-.4197127 -.3145912	
LD.	.0137711	.0298781	0.46	0.645	-.0448252 .0723674	
L2D.	.0695263	.0285966	2.43	0.015	.0134432 .1256094	
L3D.	.1234085	.0268523	4.60	0.000	.0707464 .1760707	
L4D.	-.0446863	.0253298	-1.76	0.078	-.0943626 .0049899	
L5D.	-.072334	.0247438	-2.92	0.004	-.120861	-.023807
L6D.	-.014063	.0238633	-0.59	0.556	-.0608632 .0327373	
L7D.	.1224481	.0224831	5.45	0.000	.0783547 .1665414	
_cons	.6215485	.048254	12.88	0.000	.5269137 .7161834	

```
. var Ingresos CO, lags(7) small dfk
```

Vector autoregression

Sample: 08aug2013 - 31dec2018, but with gaps No. of obs = 1964

Log likelihood = -10136.38 AIC = 10.32829

FPE = 104.8503 HQIC = 10.33456

Det(Sigma_ml) = 104.2116 SBIC = 10.34534

Equation	Parms	RMSE	R-sq	F	P > F
Ingresos	3	10.5481	0.5674	1286.267	0.0000
CO	3	.96972	0.0128	12.74329	0.0000

	Coef.	Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]
Ingresos					
Ingresos					
L7.	.7585679	.0151462	50.08	0.000	.7288636 .7882722
CO					
L7.	.7192057	.2453887	2.93	0.003	.2379556 1.200456
_cons	9.19148	.7683138	11.96	0.000	7.684683 10.69828
CO					
Ingresos					
L7.	.0054761	.0013924	3.93	0.000	.0027453 .0082069
CO					
L7.	.0621157	.0225594	2.75	0.006	.0178728 .1063586
_cons	1.355398	.0706336	19.19	0.000	1.216873 1.493923

```
. vargranger
```

Granger causality Wald tests

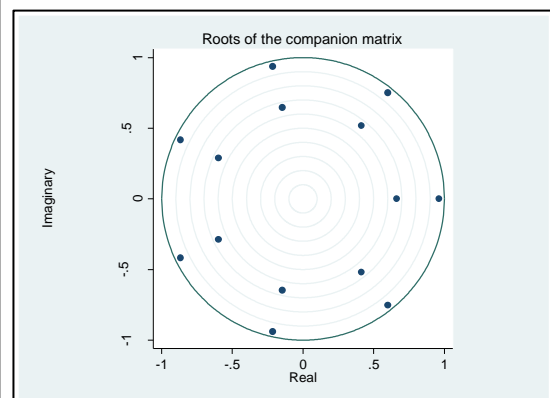
Equation	Excluded	F	df	df_r	Prob > F
Ingresos	CO	8.5901	1	1961	0.0034
Ingresos	ALL	8.5901	1	1961	0.0034
CO	Ingresos	15.467	1	1961	0.0001
CO	ALL	15.467	1	1961	0.0001

```
. varstable, graph
```

Eigenvalue stability condition

Eigenvalue	Modulus
-.8670083 + .4175292i	.962307
-.8670083 - .4175292i	.962307
.5999884 + .7523616i	.962307
.5999884 - .7523616i	.962307
.9623066	.962307
-.2141334 + .9381796i	.962307
-.2141334 - .9381796i	.962307
-.1476041 + .646696i	.663327
-.1476041 - .646696i	.663327
-.597637 + .2878068i	.663327
-.597637 - .2878068i	.663327
.663327	.663327
.4135776 + .5186099i	.663327
.4135776 - .5186099i	.663327

All the eigenvalues lie inside the unit circle.
VAR satisfies stability condition.



Fuente: Secretaría de Ambiente del MDMQ / Base de Egresos Hospitalarios - INEC
Elaboración: Carlos Velasco

Anexo 20. Test Dickey-Fuller y Test de Granger: Concentraciones de O₃ – 7 Rezagos

```
. dfuller O3, lags(7) regress
```

Augmented Dickey-Fuller test for unit root Number of obs = 1959

Test Statistic	Interpolated Dickey-Fuller		
	1% Critical Value	5% Critical Value	10% Critical Value
Z(t)	-7.683	-3.430	-2.860

MacKinnon approximate p-value for Z(t) = 0.0000

D.O3	Coef.	Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]	
O3						
L1.	-.1495582	.019465	-7.68	0.000	-.1877326	-.1113838
LD.	-.284946	.0270179	-10.55	0.000	-.3379331	-.231959
L2D.	-.2243633	.0273186	-8.21	0.000	-.27794	-.1707866
L3D.	-.1795691	.0273461	-6.57	0.000	-.2331998	-.1259384
L4D.	-.1315684	.0268904	-4.89	0.000	-.1843054	-.0788315
L5D.	-.0772222	.0259893	-2.97	0.003	-.1281919	-.0262525
L6D.	-.0715004	.0246574	-2.90	0.004	-.1198581	-.0231427
L7D.	-.0477899	.0226727	-2.11	0.035	-.0922551	-.0033246
_cons	7.694074	1.017933	7.56	0.000	5.697723	9.690425

```
. var Ingresos O3, lags(7) small dfk
```

Vector autoregression

Sample: 08aug2013 - 31dec2018, but with gaps No. of obs = 1964

Log likelihood = -14872.06 AIC = 15.15077

FPE = 13030.07 HQIC = 15.15704

Det(Sigma_ml) = 12950.7 SBIC = 15.16782

Equation	Parms	RMSE	R-sq	F	P > F
Ingresos	3	10.5533	0.5670	1284.032	0.0000
O3	3	10.8193	0.1845	221.833	0.0000

	Coef.	Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]	
Ingresos						
Ingresos						
L7.	.7561542	.0153112	49.39	0.000	.7261263	.7861821
O3						
L7.	-.0521496	.0202263	-2.58	0.010	-.0918169	-.0124823
_cons	13.19655	1.341655	9.84	0.000	10.56533	15.82777
O3						
Ingresos						
L7.	-.0782886	.0156971	-4.99	0.000	-.1090733	-.0475039
O3						
L7.	.3998193	.020736	19.28	0.000	.3591523	.4404863
_cons	34.19556	1.375468	24.86	0.000	31.49803	36.8931

```
. vargranger
```

Granger causality Wald tests

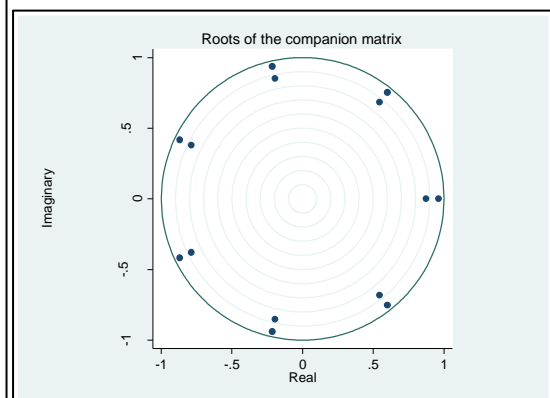
Equation	Excluded	F	df	df_r	Prob > F
Ingresos	O3	6.6477	1	1961	0.0100
Ingresos	ALL	6.6477	1	1961	0.0100
O3	Ingresos	24.875	1	1961	0.0000
O3	ALL	24.875	1	1961	0.0000

```
. varstable, graph
```

Eigenvalue stability condition

Eigenvalue	Modulus
-.8675079 + .4177698i	.962861
-.8675079 - .4177698i	.962861
.9628611	.962861
.6003341 + .7527951i	.962861
.6003341 - .7527951i	.962861
-.2142568 + .9387202i	.962861
-.2142568 - .9387202i	.962861
-.1944221 + .851819i	.873725
-.1944221 - .851819i	.873725
.5447587 + .6831058i	.873725
.5447587 - .6831058i	.873725
.8737251	.873725
-.7871991 + .3790951i	.873725
-.7871991 - .3790951i	.873725

All the eigenvalues lie inside the unit circle.
VAR satisfies stability condition.



Fuente: Secretaría de Ambiente del MDMQ / Base de Egresos Hospitalarios - INEC
Elaboración: Carlos Velasco

Anexo 21. Test Dickey-Fuller y Test de Granger: Concentraciones de NO₂ – 7 Rezagos

```
. dfuller NO2, lags(7) regress
```

Augmented Dickey-Fuller test for unit root Number of obs = 1959

Test Statistic	Interpolated Dickey-Fuller			
	1% Critical Value	5% Critical Value	10% Critical Value	
Z(t)	-9.371	-3.430	-2.860	-2.570

MacKinnon approximate p-value for Z(t) = 0.0000

D.NO2	Coef.	Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]
NO2					
L1.	-.2074137	.0221344	-9.37	0.000	-.2508233 -0.164004
LD.	-.1349115	.0284863	-4.74	0.000	-.1907782 -.0790448
L2D.	-.1865959	.0277666	-6.72	0.000	-.2410512 -.1321405
L3D.	-.1413831	.0269933	-5.24	0.000	-.1943218 -.0884444
L4D.	-.1228663	.0260979	-4.71	0.000	-.174049 -.0716836
L5D.	-.1262841	.0250076	-5.05	0.000	-.1753285 -.0772397
L6D.	-.0974598	.0235171	-4.14	0.000	-.1435811 -.0513384
L7D.	.179168	.0223065	8.03	0.000	.1354209 .2229151
_cons	7.297408	.7893491	9.24	0.000	5.749352 8.845465

```
. var Ingresos NO2, lags(7) small dfk
```

Vector autoregression

Sample: 08aug2013 - 31dec2018, but with gaps No. of obs = 1964

Log likelihood = -14111.74 AIC = 14.37651

FPE = 6007.475 HQIC = 14.38278

Det(Sigma_ml) = 5970.882 SBIC = 14.39357

Equation	Parms	RMSE	R-sq	F	P > F
Ingresos	3	10.5434	0.5678	1288.267	0.0000
NO2	3	7.34793	0.1595	186.1031	0.0000

	Coef.	Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]
Ingresos					
Ingresos					
L7.	.7598978	.0150942	50.34	0.000	.7302954 .7895003
NO2					
L7.	.0960109	.0298752	3.21	0.001	.0374205 .1546013
_cons	6.97285	1.219742	5.72	0.000	4.580723 9.364977
NO2					
Ingresos					
L7.	-.0123539	.0105195	-1.17	0.240	-.0329844 .0082766
NO2					
L7.	.4016815	.0208206	19.29	0.000	.3608487 .4425144
_cons	21.57852	.8500624	25.38	0.000	19.9114 23.24564

```
. vargranger
```

Granger causality Wald tests

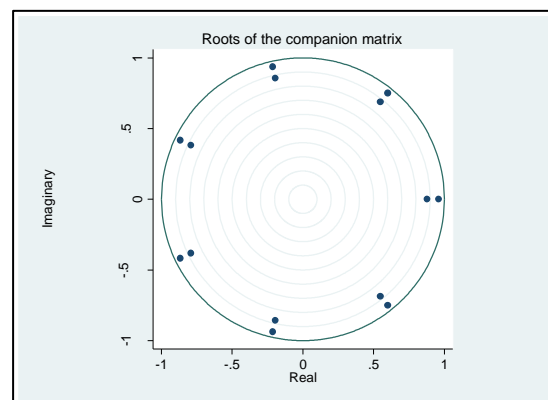
Equation	Excluded	F	df	df_r	Prob > F
Ingresos	NO2	10.328	1	1961	0.0013
Ingresos	ALL	10.328	1	1961	0.0013
NO2	Ingresos	1.3792	1	1961	0.2404
NO2	ALL	1.3792	1	1961	0.2404

```
. varstable, graph
```

Eigenvalue stability condition

Eigenvalue	Modulus
.9609295	.96093
-.8657676 + .4169317i	.96093
-.8657676 - .4169317i	.96093
-.2138269 + .936837i	.96093
-.2138269 - .936837i	.96093
.5991298 + .751285i	.96093
.5991298 - .751285i	.96093
-.7918366 + .3813284i	.878872
-.7918366 - .3813284i	.878872
-.1955675 + .8568372i	.878872
-.1955675 - .8568372i	.878872
.5479679 + .6871301i	.878872
.5479679 - .6871301i	.878872
.8788723	.878872

All the eigenvalues lie inside the unit circle.
VAR satisfies stability condition.



Fuente: Secretaría de Ambiente del MDMQ / Base de Egresos Hospitalarios - INEC
Elaboración: Carlos Velasco