



**UNIVERSIDAD LAICA VICENTE ROCAFUERTE
DE GUAYAQUIL**

**FACULTAD DE INGENIERÍA, INDUSTRIA Y
CONSTRUCCIÓN**

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

**TRABAJO DE TITULACIÓN
PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO CIVIL**

TEMA

**“EVALUACIÓN AMBIENTAL URBANA DE EMISIONES
ATMOSFÉRICAS POR TRÁFICO VEHICULAR EN EL CENTRO DE
GUAYAQUIL”**

TUTOR

Ing. LAURA DE JESÚS CALERO PROAÑO, PhD

AUTOR

JOSE DAVID CAZAR ARDILA

GUAYAQUIL

2025

REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA	
FICHA DE REGISTRO DE TESIS	
TÍTULO Y SUBTÍTULO: “Evaluación Ambiental Urbana De Emisiones Atmosféricas Por Tráfico Vehicular En El Centro De Guayaquil”	
AUTOR/ES: Cazar Ardila José David	TUTOR: Calero Proaño Laura de Jesús
INSTITUCIÓN: Universidad Laica Vicente Roca fuerte de Guayaquil	Grado obtenido: Ingeniero Civil
FACULTAD: INGENIERÍA, INDUSTRIA Y CONSTRUCCIÓN	CARRERA: INGENIERÍA CIVIL
FECHA DE PUBLICACIÓN: 2025	N. DE PÁGS: 96
ÁREAS TEMÁTICAS: Arquitectura y Construcción	
PALABRAS CLAVE: Contaminación atmosférica, Tráfico vehicular, Movilidad sostenible, Calidad del aire, Impacto socioambiental.	
RESUMEN: La contaminación atmosférica en zonas urbanas constituye un problema de gran impacto socioambiental. Este estudio tuvo como objetivo evaluar los impactos socioambientales de las emisiones atmosféricas derivadas del tráfico vehicular en el centro de Guayaquil, con la finalidad de conocer las fuentes de contaminación y proponer alternativas sostenibles. Se utilizó una metodología mixta, combinando análisis estadístico de datos históricos (2013-2023) sobre contaminación y tráfico vehicular, encuestas a 384 ciudadanos y entrevistas a 10 expertos en movilidad y medio ambiente. Los resultados evidenciaron una fuerte correlación entre la densidad vehicular y la concentración de contaminantes, afectando la calidad del aire y la salud pública. En respuesta, se diseñó una propuesta basada en estrategias de movilidad sostenible. Se concluye que es necesario implementar políticas de transporte eficiente y campañas de sensibilización para mitigar los efectos negativos del tráfico en la calidad ambiental.	
N. DE REGISTRO (en base de datos):	N. DE CLASIFICACIÓN:
DIRECCIÓN URL (Web):	

ADJUNTO PDF:	SI ☒	NO ☐
CONTACTO CON AUTOR/ES: Cazar Ardila José David	Teléfono: 0993887416	E-mail: jcazara@ulvr.edu.ec
CONTACTO EN LA INSTITUCIÓN:	Mg. Ing. Marcial Sebastián Calero Amores Decano de la facultad de Ingeniería, Industria y Construcción Teléfono: (04) 259 6500 Ext. 241 E-mail: mcaleroa@ulvr.edu.ec Mgtr. Jorge Torres Rodríguez Director de Ingeniería Civil Teléfono: (04) 259 6500 Ext. 242 E-mail: etorresr@ulvr.edu.ec	

CERTIFICADO DE SIMILITUD

Borrador3

INFORME DE ORIGINALIDAD

7%

INDICE DE SIMILITUD

7%

FUENTES DE INTERNET

3%

PUBLICACIONES

4%

TRABAJOS DEL
ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1

documentop.com

Fuente de Internet

<1%

2

planetamagnifico.com

Fuente de Internet

<1%

3

Submitted to Universidad Ricardo Palma

Trabajo del estudiante

<1%

4

Submitted to Corporación Universitaria del
Caribe

Trabajo del estudiante

<1%

5

www.coeticor.org

Fuente de Internet

<1%

6

oficinac.es

Fuente de Internet

<1%

7

Submitted to Instituto Tecnológico y de
Estudios Superiores de Occidente

Trabajo del estudiante

<1%

8

dspace.unitru.edu.pe

Fuente de Internet

<1%

9

Submitted to UNIBA

Trabajo del estudiante

<1%

10

casap.com.co

Fuente de Internet

<1%

11

Submitted to Universidad Cesar Vallejo

Trabajo del estudiante

<1%

12	ponce.inter.edu Fuente de Internet	<1 %
13	Submitted to Universidad TecMilenio Trabajo del estudiante	<1 %
14	www.onu.org Fuente de Internet	<1 %
15	www.rslsteeper.com Fuente de Internet	<1 %
16	Submitted to ITESM: Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey Trabajo del estudiante	<1 %
17	Submitted to Instituto Superior de Artes, Ciencias y Comunicación IACC Trabajo del estudiante	<1 %
18	Submitted to Universidad Carlos III de Madrid - EUR Trabajo del estudiante	<1 %
19	Submitted to Universidad Rey Juan Carlos Trabajo del estudiante	<1 %
20	amics21.com Fuente de Internet	<1 %
21	openaccess.uoc.edu Fuente de Internet	<1 %
22	www.powtoon.com Fuente de Internet	<1 %
23	buleria.unileon.es Fuente de Internet	<1 %
24	catalonica.bnc.cat Fuente de Internet	<1 %
25	itvexpertos.es Fuente de Internet	

		<1 %
26	sedici.unlp.edu.ar Fuente de Internet	<1 %
27	www.europarl.europa.eu Fuente de Internet	<1 %
28	www.fundacionnaturgy.org Fuente de Internet	<1 %
29	Submitted to Centro Europeo de Postgrado - CEUPE Trabajo del estudiante	<1 %
30	blog.signus.es Fuente de Internet	<1 %
31	gefweb.org Fuente de Internet	<1 %
32	lookformedical.com Fuente de Internet	<1 %
33	www.eea.europa.eu Fuente de Internet	<1 %
34	www.institucional.frc.utn.edu.ar Fuente de Internet	<1 %
35	Submitted to Universidad Externado de Colombia Trabajo del estudiante	<1 %
36	actualidad.eresmas.com Fuente de Internet	<1 %
37	errota.org Fuente de Internet	<1 %
38	es.unionpedia.org Fuente de Internet	<1 %

39	ficnet.org Fuente de Internet	<1 %
40	mail.ues.edu.sv Fuente de Internet	<1 %
41	Submitted to Corporación Universitaria Iberoamericana Trabajo del estudiante	<1 %
42	oa.upm.es Fuente de Internet	<1 %
43	webimages.iadb.org Fuente de Internet	<1 %
44	www.conama.es Fuente de Internet	<1 %

Excluir citas

Activo

Excluir coincidencias

< 15 words

Excluir bibliografía

Activo



Firmado digitalmente por
LAURA DE JESUS
CALERO PROANO

DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS PATRIMONIALES

El estudiante egresado JOSE DAVID CAZAR ARDILA, declara bajo juramento, que la autoría del presente Trabajo de Titulación, “Evaluación Ambiental Urbana De Emisiones Atmosféricas Por Tráfico Vehicular En El Centro De Guayaquil”, corresponde totalmente al suscrito y me responsabilizo con los criterios y opiniones científicas que en el mismo se declaran, como producto de la investigación realizada.

De la misma forma, cedo los derechos patrimoniales y de titularidad a la Universidad Laica VICENTE ROCAFUERTE de Guayaquil, según lo establece la normativa vigente.

Autor

A handwritten signature in blue ink that reads "Jose David Cazar A.".

Firma:

JOSE DAVID CAZAR ARDILA

C.I. 0201702065

CERTIFICACIÓN DE ACEPTACIÓN DEL DOCENTE TUTOR

En mi calidad de docente Tutor del Trabajo de Titulación **“Evaluación Ambiental Urbana De Emisiones Atmosféricas Por Tráfico Vehicular En El Centro De Guayaquil”**, designada por el Consejo Directivo de la Facultad de Ingeniería, Industria y Construcción de la Universidad Laica VICENTE ROCAFUERTE de Guayaquil.

CERTIFICO:

Haber dirigido, revisado y aprobado en todas sus partes el Trabajo de Titulación, titulado: **“Evaluación Ambiental Urbana De Emisiones Atmosféricas Por Tráfico Vehicular En El Centro De Guayaquil”**, presentado por el estudiante JOSE DAVID CAZAR ARDILA como requisito previo, para optar al Título de Ingeniero Civil, encontrándose apto para su sustentación.



Firmado digitalmente por:
LAURA DE JESUS
CALERO PROAÑO

Firma:

LAURA DE JESÚS CALERO PROAÑO

C.C. 0924592678

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por brindarme la oportunidad de culminar la carrera y ser un ingeniero civil, durante el proceso me brindó sabiduría, inteligencia y fortaleza para seguir adelante semestre a semestre.

Agradezco a mi papá Patricio Cazar (+), a mi mamá Maria Ardila y a mi hermano Pablo Cazar; por el amor, ese apoyo que siempre me brindaron para seguir adelante y culminar esta etapa de mi vida, son muy fundamentales en mi vida, siempre con un consejo para mí, a que no me rinda y siga a la meta.

Agradezco a mi novia Grace Paredes me acompaña desde el segundo semestre y ha sido muy importante en mi vida, ya que siempre me brinda su apoyo y me motiva a seguir adelante.

Agradezco a los familiares que siempre estuvieron pendiente de mi crecimiento estudiantil y me motivaron.

Agradezco a aquellas personas cercanas a mí que hemos coincidido en esta etapa universitaria.

Agradezco a las Autoridades y Docentes de la Facultad de Ingeniería, Industria y Construcción por siempre estar predispuestos a impartir su cátedra y consejos en cada semestre que culmine de la Carrera de Ingeniería Civil.

Agradezco a mi tutora, la Ing. Laura de Jesús Calero Proaño por el apoyo y los consejos que me brindó para poder presentar un buen trabajo de titulación.

José David Cazar Ardila

CI. 0201702065

DEDICATORIA

A mi familia siempre son y serán la base fundamental en mi vida, gracias a Dios y a ellos culmine esta etapa de mi vida, desde que comencé el pre-universitario y en estos diez semestres transcurridos han sido mi motivación diaria, estando a mi lado, dándome consejos para ser un mejor ser humano; siempre me dijeron que sea una persona de bien, responsable y que sea ético en todo lo que haga. A lo largo de mi carrera pasé por adversidades tales como el covid, la muerte de mi papá; y también cosas buenas como encontrar a mi pareja la cual también es pieza clave en esta etapa. Gracias a Dios tuve buenos profesores que no solo daban su cátedra, sino que también nos compartían sus experiencias y nos daban sus consejos para seguir adelante y aplicarlos en nuestra carrera, a todos los mencionados dedico mi trabajo de titulación.

José David Cazar Ardila

CI. 020170206

RESUMEN

La contaminación atmosférica en zonas urbanas constituye un problema de gran impacto socioambiental. Este estudio tuvo como objetivo evaluar los impactos socioambientales de las emisiones atmosféricas derivadas del tráfico vehicular en el centro de Guayaquil, con la finalidad de conocer las fuentes de contaminación y proponer alternativas sostenibles. Se utilizó una metodología mixta, combinando análisis estadístico de datos históricos (2013-2023) sobre contaminación y tráfico vehicular, encuestas a 384 ciudadanos y entrevistas a 10 expertos en movilidad y medio ambiente. Los resultados evidenciaron una fuerte correlación entre la densidad vehicular y la concentración de contaminantes, afectando la calidad del aire y la salud pública. En respuesta, se diseñó una propuesta basada en estrategias de movilidad sostenible. Se concluye que es necesario implementar políticas de transporte eficiente y campañas de sensibilización para mitigar los efectos negativos del tráfico en la calidad ambiental.

PALABRAS CLAVE: Contaminación Atmosférica, Tráfico, Movilidad Social, Calidad Ambiental, Efectos de las Actividades Humanas.

ABSTRACT

Air pollution in urban areas is a major socio-environmental issue. This study aimed to evaluate the socio-environmental impacts of atmospheric emissions from vehicular traffic in downtown Guayaquil, in order to identify pollution sources and propose sustainable alternatives. A mixed-methods approach was used, combining statistical analysis of historical data (2013-2023) on pollution and traffic, surveys of 384 citizens, and interviews with 10 experts in mobility and environmental issues. The results revealed a strong correlation between vehicle density and pollutant concentration, negatively impacting air quality and public health. In response, a proposal was developed based on sustainable mobility strategies. It is concluded that implementing efficient transportation policies and awareness campaigns is essential to mitigate the negative effects of traffic on environmental quality.

KEYWORDS: Air Pollution, Traffic, Social Mobility, Environmental Quality, Effects of Human Activities.

ÍNDICE GENERAL

INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I	2
ENFOQUE DE LA PROPUESTA	2
1.1 Tema:	2
1.2 Planteamiento del Problema:	2
1.3 Formulación del Problema:.....	3
1.4 Objetivo General.....	3
1.5 Objetivos Específicos	3
1.6 Idea a Defender / Hipótesis	4
1.7 Línea de Investigación Institucional / Facultad.....	4
CAPÍTULO II	5
MARCO REFERENCIAL	5
2.1 Marco Teórico:	5
2.1.1 Antecedentes	5
2.1.2 Tráfico Vehicular y su Impacto Ambiental	6
2.1.3 Emisiones Atmosféricas y Contaminación del Aire	8
2.1.4 Métodos de Evaluación Ambiental	11
2.1.5 Experiencias Internacionales y Casos de Estudio	13
2.1.6 Marco Conceptual	16
2.2 Marco Legal	20
CAPÍTULO III	25
MARCO METODOLÓGICO.....	25
3.1 Enfoque de la investigación	25
3.2 Alcance de la investigación	25
3.3 Técnica e instrumentos para obtener los datos.....	26
3.4 Población y muestra	27
3.5 Sector de Estudio	28
CAPÍTULO IV	31
INFORME	31
4.1 Presentación y análisis de resultados	31
4.1.1 Zonas de mayor concentración atmosférica en la zona céntrica de Guayaquil.....	31

4.1.2 Determinar las zonas del centro de Guayaquil con los niveles más altos de contaminación atmosférica.....	36
4.2 Discusión de los resultados	57
4.3 Modelo Analítico	58
4.4 Propuesta	61
4.4.1 Objetivos	61
4.4.2 Justificación	61
4.4.3 Desarrollo de la propuesta	62
4.4.4 Indicadores clave de rendimiento (KPI's) para las estrategias.....	66
4.4.5 Viabilidad de la Propuesta.....	68
CONCLUSIONES	71
RECOMENDACIONES	73
ANEXO	79

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 <i>Línea investigativa de FIIC.</i>	4
Tabla 2 Concentración Promedio Anual de Monóxido de Carbono (CO) en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (2013-2023)	29
Tabla 3 Concentración Promedio Anual de Dióxido de Nitrógeno (NO_2) en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (2013-2023)	30
Tabla 4 Concentración Promedio Anual de Material Particulado Menor a 10 micrómetros (PM_{10}) en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (2013-2023)	32
Tabla 5 Niveles Promedio Anual de Monóxido de Carbono (CO) por Zona en Guayaquil (2013-2023)	34
Tabla 6 Niveles Promedio Anual de Dióxido de Nitrógeno (NO_2) por Zona en Guayaquil (2013-2023)	35
Tabla 7 Niveles de Contaminación y Tráfico Vehicular en Guayaquil (2013-2023)	37
Tabla 8 Coeficiente de Correlación entre Dióxido de Nitrógeno ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) y Vehículos Promedio Diarios	38
Tabla 9 Coeficiente de Correlación entre Monóxido de Carbono ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) y Vehículos Promedio Diarios	38
Tabla 10 Pregunta 1	40
Tabla 11 Pregunta 2	41
Tabla 12 Pregunta 3	42
Tabla 13 Pregunta 4	42
Tabla 14 Pregunta 5	43
Tabla 15 Pregunta 6	44
Tabla 16 Pregunta 7	45
Tabla 17 Pregunta 8	46
Tabla 18 Pregunta 9	47
Tabla 19 Pregunta 10	48
Tabla 20 Resumen de Entrevistas a Expertos	50
Tabla 21 Resumen de Resultados	53
Tabla 22 Implementación de Zonas de Bajas Emisiones (ZBE)	56
Tabla 23 Optimización del Transporte Público y Movilidad Alternativa	57
Tabla 24 Creación de un Sistema de Monitoreo y Control de Emisiones	58
Tabla 25 KPI's para la Estrategia 1	59
Tabla 26 KPI's para la Estrategia	60
Tabla 27 KPI's para la Estrategia 3	61
Tabla 28 Presupuesto Estimado de la Propuesta	63

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Concentración Promedio Anual de Monóxido de Carbono (CO) en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (2013-2023)	30
Figura 2 Concentración Promedio Anual de Dióxido de Nitrógeno (NO_2) en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (2013-2023)	31
Figura 3 Concentración Promedio Anual de Material Particulado Menor a 10 micrómetros (PM_{10}) en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (2013-2023)	33
Figura 4 Niveles Promedio Anual de Monóxido de Carbono (CO) por Zona en Guayaquil (2013-2023)	34
Figura 5 Niveles Promedio Anual de Dióxido de Nitrógeno (NO_2) por Zona en Guayaquil (2013-2023)	36
Figura 6 Coeficiente de Correlación entre Dióxido de Nitrógeno ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) y Vehículos Promedio Diarios	38
Figura 7 Coeficiente de Correlación entre Monóxido de Carbono ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) y Vehículos Promedio Diarios	39
Figura 8 Pregunta 1	40
Figura 9 Pregunta 2	41
Figura 10 Pregunta 3	42
Figura 11 Pregunta 4	43
Figura 12 Pregunta 5	44
Figura 13 Pregunta 6	44
Figura 14 Pregunta 7	45
Figura 15 Pregunta 8	46
Figura 16 Pregunta 9	47
Figura 17 Pregunta 10	48
Anexo 1 Cuestionario Por Encuesta	79

INTRODUCCIÓN

La contaminación atmosférica es un problema ambiental y de salud pública que afecta a las ciudades con alta densidad vehicular, como Guayaquil. El crecimiento urbano acelerado y el aumento del parque automotor han contribuido significativamente a la emisión de contaminantes, impactando la calidad del aire y la salud de la población. En este contexto, la presente investigación analiza la relación entre el tráfico vehicular y los niveles de contaminación atmosférica en la zona céntrica de Guayaquil, con el fin de proponer estrategias para mitigar sus efectos negativos.

El estudio se desarrolló mediante un enfoque mixto, combinando el análisis estadístico de datos históricos de contaminación y tráfico vehicular con técnicas cualitativas como encuestas a ciudadanos y entrevistas a expertos en movilidad urbana y medio ambiente. Los resultados obtenidos evidencian una fuerte correlación entre la densidad vehicular y los niveles de contaminantes como dióxido de nitrógeno y monóxido de carbono, lo que confirma la necesidad de implementar políticas de movilidad sostenible en la ciudad.

El documento se estructura en varios capítulos. En el primer capítulo se plantea el problema de investigación, su justificación y los objetivos que guían el estudio. El segundo capítulo presenta el marco teórico, donde se abordan conceptos clave relacionados con la contaminación atmosférica, el tráfico vehicular y las estrategias de movilidad sostenible. En el tercer capítulo se describe la metodología empleada, detallando los instrumentos y técnicas utilizadas para la recolección y análisis de datos. El cuarto capítulo expone los resultados obtenidos, incluyendo las correlaciones estadísticas, el análisis de las encuestas y entrevistas. Posteriormente, en el capítulo cinco, se presenta la discusión de los hallazgos, contrastándolos con estudios previos y el contexto local.

Finalmente, en el sexto capítulo se desarrolla una propuesta de intervención basada en estrategias de reducción del impacto del tráfico vehicular en la calidad del aire. Esta propuesta incluye objetivos claros, estrategias específicas, indicadores de desempeño (KPI's) y un análisis de viabilidad. El estudio concluye con la formulación de recomendaciones para la implementación de medidas efectivas que permitan mejorar la calidad del aire en Guayaquil y contribuir al desarrollo de un entorno urbano más sostenible.

CAPÍTULO I

ENFOQUE DE LA PROPUESTA

1.1 Tema:

Evaluación ambiental urbana de emisiones atmosféricas por tráfico vehicular en el centro de Guayaquil.

1.2 Planteamiento del Problema:

La expansión urbana y demográfica ha generado un incremento significativo en el tráfico vehicular, lo cual provoca impactos ambientales negativos, como son las emisiones atmosféricas. Estas emisiones afectan directamente a la población y generan cambios en las condiciones del medio aire. En Guayaquil, esta problemática es evidente, donde el desplazamiento permanente de vehículos y los efectos sobre el medio ambiente es mayor.

El tráfico vehicular ha experimentado un crecimiento exponencial en su parque automotor, el mismo que va de la mano con el aumento demográfico y la falta de opciones adecuadas de transporte público o mejoras significativas en el mismo. Este incremento es notable durante las horas pico, que generalmente coinciden con el inicio y el final de las jornadas laborales y estudiantiles (Lara Basantes et al., 2024).

En 2019, Guayaquil contaba con un parque automotor de aproximadamente medio millón de vehículos, el cual ha ido aumentando anualmente, lo cual representa una situación preocupante. Según, la entidad encargada del tránsito vehicular de Guayaquil, indica que diariamente circulan cerca 3000 vehículos de servicio público urbano con alrededor de 90 líneas en funcionamiento sobre el territorio. La mayoría del transporte público en el país opera con diésel, generando grandes cantidades de emisiones contaminantes (Ramos et al., 2023). Guayaquil emite anualmente 6,8 toneladas de CO₂ (Dióxido de carbono), originándose el 40% de las emisiones por el tráfico vehicular (El Telégrafo, 2016).

Las emisiones atmosféricas es la liberación de sustancias contaminantes que deterioran las condiciones del aire; que afectan al ambiente y población en general. Estas emisiones provienen de diversas fuentes, como vehículos, generación de energía, industrias, actividades agrícolas, entre otros. Las emisiones atmosféricas contaminantes en Guayaquil comprenden una

concentración de diversos agentes contaminantes, tales como: dióxido de carbonos (CO_2), material particulado (PM), monóxido de carbono (CO) y óxidos de nitrógeno (NO_x), principalmente emitidos por la línea de buses que circulan desde el centro hasta el noreste de la ciudad, el mismo que no posee un plan de acción para tomar medidas en reducir esta contaminación (Ramos et al., 2023).

Por lo que, realizar una evaluación ambiental urbana enfocada en el tráfico vehicular y las emisiones atmosféricas en el centro de Guayaquil permitirá identificar el origen de la contaminación y estimar los daños sobre el ambiente y salud de la población, con la finalidad de proponer estrategias de mitigación para mejorar la calidad del aire y reducir la carga vehicular, promoviendo un desarrollo urbano sostenible.

1.3 Formulación del Problema:

¿Cuál es la problemática socio ambiental provocada por la gran afluencia de vehículos en la zona céntrica de Guayaquil? y, ¿qué efectos causan las emisiones atmosféricas y cuáles son las alternativas para disminuir los problemas sobre la calidad del aire?

1.4 Objetivo General

Evaluar los impactos socioambientales de las emisiones atmosféricas derivadas del tráfico vehicular, con la finalidad de conocer las fuentes de contaminación y proponer alternativas sostenibles en el centro de Guayaquil.

1.5 Objetivos Específicos

1. Determinar las zonas del centro de Guayaquil con los niveles más altos de contaminación atmosférica.
2. Valorar los impactos ambientales producidos por la actividad vehicular y comercial en el centro de Guayaquil.
3. Establecer un modelo analítico que relacione la contaminación con el tráfico vehicular.
4. Proponer estrategias enfocadas en la disminución del tráfico vehicular y emisiones contaminantes para mejorar la salud pública y la calidad ambiental.

1.6 Idea a Defender / Hipótesis

La investigación se centrará en la evaluación de los impactos socioambientales derivados de las emisiones atmosféricas en Guayaquil, provocadas por el incremento del flujo vehicular. El estudio buscará analizar cómo estos impactos afectan a la población y al medio ambiente de la zona céntrica, con el propósito de identificar las principales fuentes de contaminación y proponer estrategias sostenibles para mitigar sus efectos.

El presente estudio es descriptivo y correlacional, debido a que se pretende medir, identificar y proponer alternativas que permitan minimizar el impacto provocado por el aumento del tráfico vehicular e incremento de las emisiones atmosféricas en el centro de Guayaquil.

1.7 Línea de Investigación Institucional / Facultad.

Tabla 1 Línea investigativa de FIIC.

Dominio ULVR	Área investigativa de la facultad	Sub - línea investigativa
Urbanismo y ordenamiento territorial	Territorio, medio ambiente y materiales innovadores para la construcción	Gestión Ambiental
		Gestión Urbana Sostenible

Fuente: Universidad Laica Vicente Rocafuerte (2023)

CAPÍTULO II

MARCO REFERENCIAL

2.1 Marco Teórico:

2.1.1 Antecedentes

Guayaquil, la ciudad más poblada de Ecuador, ha experimentado un notable crecimiento vehicular en las últimas décadas, lo que ha generado un impacto en la movilidad urbana (Posada, 2019). Este crecimiento ha sido impulsado tanto por el aumento de la población como por la expansión económica, lo que ha llevado a un incremento en la cantidad de vehículos particulares y de transporte público (Arboleda, 2020). Este fenómeno es similar a lo observado en otras grandes ciudades de América Latina, donde la rápida urbanización y el aumento de vehículos han sobrepasado la capacidad de la infraestructura vial, generando desafíos para la gestión del tráfico y la calidad del aire (de Murzi y Orejuela, 2022). La congestión vehicular en Guayaquil se ha intensificado en las principales arterias de la ciudad, especialmente en el centro, afectando no solo la movilidad sino también la salud pública debido a la contaminación atmosférica asociada (Jiménez y Villavicencio, 2024).

Numerosos estudios han documentado las emisiones atmosféricas derivadas del tráfico vehicular en áreas urbanas, subrayando su impacto en la calidad del aire y la salud pública. Investigaciones realizadas en ciudades como Quito y Lima han mostrado que los vehículos son una de las principales fuentes de contaminantes, como el dióxido de nitrógeno (NO₂) y las partículas PM_{2.5} y PM₁₀, que están estrechamente relacionadas con enfermedades respiratorias y cardiovasculares (Tapia et al., 2019; López et al., 2023). En Guayaquil, estudios recientes han identificado niveles preocupantes de estos contaminantes, especialmente en zonas de alta congestión vehicular, como el centro de la ciudad (Romo y León, 2021). La implementación de tecnologías de transporte más limpias, como los vehículos eléctricos, ha sido propuesta como una solución para mitigar estos efectos, aunque su adopción en la región sigue siendo limitada (Reyes et al., 2021; Pico, 2022).

El impacto del tráfico vehicular en la calidad del aire no es exclusivo de Guayaquil, sino que se ha observado en muchas otras ciudades con características urbanas similares. Por ejemplo, en Lima, la congestión vehicular ha sido identificada como una de las principales fuentes de contaminación del

aire, con niveles de material particulado y dióxido de azufre que superan los estándares de calidad recomendados (Fonseca et al., 2022). De manera similar, en la ciudad de Quito, la topografía y las condiciones climáticas agravan la dispersión de contaminantes, lo que resulta en una mayor exposición de la población a sustancias nocivas (Espinoza et al., 2022). Estos estudios sugieren que la gestión del tráfico y la promoción de alternativas de movilidad sostenible son esenciales para mejorar la calidad del aire en ciudades con alta densidad vehicular (Olayode et al., 2020; Shen et al., 2019).

2.1.2 Tráfico Vehicular y su Impacto Ambiental

Definición y clasificación del tráfico vehicular

El tráfico vehicular se refiere al flujo de vehículos que transitan por una determinada vía o conjunto de vías en un área específica, y su clasificación puede realizarse en función de varios criterios. Según Acosta y Farias (2022), el tráfico vehicular puede dividirse en tráfico ligero, que incluye automóviles y motocicletas, y tráfico pesado, que abarca camiones y autobuses. Esta clasificación permite entender mejor las dinámicas de circulación y su impacto en la infraestructura vial y el medio ambiente. Además, Arboleda (2020) señala que la movilidad vehicular es un fenómeno complejo que varía según el uso del suelo, la densidad poblacional, y la disponibilidad de transporte público, lo que lleva a la necesidad de clasificar el tráfico no solo por el tipo de vehículo, sino también por su finalidad, como tráfico comercial, industrial o de pasajeros.

Choi et al. (2019) destacan la importancia de esta clasificación para el diseño de políticas públicas y la planificación urbana. Diferentes tipos de tráfico vehicular generan distintos niveles de contaminación, por lo que se deben tener en cuenta la composición del tráfico al implementar estrategias de mitigación ambiental. Por ejemplo, el tráfico pesado tiende a emitir mayores cantidades de partículas contaminantes y gases de efecto invernadero, lo que agrava los problemas de calidad del aire en las áreas urbanas (Fonseca et al., 2022). De este modo, la clasificación del tráfico vehicular no solo ayuda en la gestión del tránsito, sino también en la adopción de medidas más efectivas para reducir su impacto ambiental.

Por otro lado, el tráfico vehicular también puede clasificarse según la temporalidad y la frecuencia del flujo vehicular. Li et al. (2020) sugieren que el tráfico puede ser categorizado en tráfico de hora pico y tráfico fuera de pico, lo

cual es relevante para entender los patrones de congestión y su efecto en la calidad del aire. Estos autores también resaltan la importancia de considerar las características del tráfico en la evaluación del impacto ambiental, ya que las emisiones contaminantes suelen ser más intensas durante los períodos de alta congestión vehicular.

Factores que influyen en el tráfico vehicular urbano

Diversos factores influyen en la densidad y flujo del tráfico vehicular en áreas urbanas, lo que a su vez impacta en la calidad del aire y la sostenibilidad de las ciudades. Uno de los factores que se pueden considerar más importantes es el diseño urbano y la infraestructura vial, como lo menciona Arboleda (2020), quien argumenta que las ciudades con una planificación deficiente tienden a experimentar mayores niveles de congestión vehicular. La disposición de las calles, la capacidad de las vías, y la ubicación de intersecciones y semáforos son elementos clave que afectan el flujo vehicular y, en consecuencia, las emisiones de gases contaminantes.

Otro factor que se puede considerar importante es el crecimiento demográfico y el aumento en la demanda de vehículos privados. Según Han (2020), la expansión urbana y el aumento de la población conducen a un incremento en el número de vehículos en circulación, lo que genera congestión y eleva las emisiones de CO₂ y otros contaminantes. Además, el acceso limitado a opciones de transporte público eficiente y asequible exacerba este problema, obligando a más personas a depender de vehículos privados para sus desplazamientos diarios (Pérez et al., 2021). Este fenómeno es particularmente evidente en ciudades como Guayaquil, donde el crecimiento urbano descontrolado ha llevado a una mayor dependencia del automóvil.

Li et al. (2020) señalan que factores como la agresividad al volante, la falta de respeto por las señales de tráfico y la inexperiencia de los conductores pueden contribuir a accidentes y a una mayor congestión. Asimismo, el uso ineficiente de los sistemas de transporte, como el exceso de vehículos en las horas pico, agrava los problemas de tráfico en las áreas urbanas. De Murzi y Orejuela (2022) añaden que la falta de políticas efectivas para gestionar el tránsito, como sistemas de semaforización inteligente y la implementación de zonas de baja emisión, también son factores determinantes que influyen en la gravedad del tráfico vehicular urbano.

Consecuencias ambientales del tráfico vehicular

El tráfico vehicular tiene múltiples consecuencias ambientales negativas, siendo la contaminación del aire una de las más graves en la actualidad. Según Choi et al. (2019), las emisiones de gases contaminantes como el dióxido de carbono (CO₂), el monóxido de carbono (CO), y los óxidos de nitrógeno (NO_x) aumentan considerablemente en áreas con alta congestión vehicular. Estos contaminantes contribuyen al calentamiento global y tienen efectos adversos en la salud pública, como problemas respiratorios y enfermedades cardiovasculares. En ciudades como Guayaquil, donde el tráfico es intenso, la calidad del aire se ve gravemente afectada, lo que genera un entorno insalubre para sus habitantes (López et al., 2023).

Por último, el tráfico vehicular contribuye a la degradación del medio ambiente a través de la ocupación excesiva del espacio urbano. Según de Murzi y Orejuela (2022), la expansión de las infraestructuras viales para acomodar más vehículos ha llevado a la destrucción de áreas verdes y ecosistemas urbanos. Esta pérdida de biodiversidad reduce la capacidad de las ciudades para absorber CO₂ y mitigar los efectos del cambio climático. Además, el aumento en la superficie pavimentada contribuye a la escorrentía de aguas pluviales, lo que a su vez incrementa el riesgo de inundaciones urbanas y la contaminación de fuentes de agua (Tapia et al., 2019). Estos impactos ambientales subrayan la necesidad de repensar las políticas de movilidad urbana hacia modelos más sostenibles y menos dependientes del automóvil.

2.1.3 Emisiones Atmosféricas y Contaminación del Aire

Tipos de contaminantes emitidos por vehículos

Los vehículos automotores son una de las principales fuentes de contaminación atmosférica en las zonas urbanas, emitiendo una amplia gama de contaminantes que afectan tanto la salud pública como el medio ambiente. Según López et al. (2023), los principales contaminantes emitidos por los vehículos incluyen el dióxido de carbono (CO₂), el monóxido de carbono (CO), los óxidos de nitrógeno (NO_x), los compuestos orgánicos volátiles (COV), y las partículas en suspensión (PM). Cada uno de estos contaminantes tiene efectos específicos; por ejemplo, el CO₂ es un gas de efecto invernadero que contribuye al calentamiento global, mientras que el CO puede afectar la capacidad del cuerpo para transportar oxígeno.

Además de estos contaminantes, también se emiten hidrocarburos no quemados y compuestos de azufre, que pueden provocar la formación de smog fotoquímico y lluvia ácida, respectivamente (Choi et al., 2019). Estos efectos son particularmente dañinos en áreas metropolitanas donde la concentración de vehículos es alta y las condiciones atmosféricas favorecen la acumulación de contaminantes en el aire. Fonseca et al. (2022) destacan que las partículas en suspensión, especialmente las partículas finas (PM_{2.5}), son particularmente peligrosas debido a su capacidad para penetrar profundamente en los pulmones y causar enfermedades respiratorias y cardiovasculares.

La emisión de estos contaminantes varía según el tipo de combustible utilizado y la tecnología de los vehículos. Los motores de gasolina y diésel, por ejemplo, emiten diferentes mezclas de contaminantes. Según Fonseca et al. (2021), los vehículos diésel suelen emitir más NO_x y partículas en suspensión, mientras que los de gasolina tienden a liberar más CO y COV. La elección del combustible y la tecnología vehicular, por tanto, tiene un impacto directo en la calidad del aire, subrayando la necesidad de promover alternativas más limpias como los vehículos eléctricos o aquellos que utilizan combustibles renovables.

Fuentes de emisiones vehiculares

Las emisiones vehiculares provienen principalmente de la combustión de combustibles fósiles en los motores de los automóviles, pero también hay otras fuentes asociadas al funcionamiento y mantenimiento de los vehículos. De acuerdo con Arboleda (2020), las emisiones directas de los tubos de escape son la fuente principal, liberando contaminantes como CO₂, NO_x, y COV durante la combustión del combustible. Este proceso es responsable de la mayor parte de las emisiones relacionadas con el tráfico vehicular, y su impacto depende de factores como la eficiencia del motor, el tipo de combustible, y las condiciones de conducción.

Además de las emisiones directas, existen fuentes indirectas relacionadas con el desgaste de los neumáticos, frenos, y el pavimento, que liberan partículas en suspensión al aire (Han, 2020). Estas partículas no solo contribuyen a la contaminación atmosférica, sino que también tienen efectos negativos en la salud humana y el medio ambiente. Layza y Mejía (2018) explican que la abrasión de los neumáticos y frenos libera metales pesados y otros compuestos tóxicos que se acumulan en el aire y pueden ser inhalados por las personas o

depositarse en los suelos y cuerpos de agua, generando contaminación secundaria.

Otra fuente relevante es la evaporación de combustibles durante el repostaje o por fugas en el sistema de combustible, lo cual genera emisiones de COV, que contribuyen a la formación de ozono troposférico, un contaminante perjudicial para la salud y el clima (Espinoza et al., 2022). Además, las operaciones de mantenimiento y reparación de vehículos también pueden liberar contaminantes, ya sea a través de la quema de residuos de aceite o la utilización de disolventes y otros productos químicos. Estas fuentes, aunque menores en comparación con las emisiones directas, añaden una carga adicional de contaminantes al ambiente urbano.

Normativas y regulaciones sobre emisiones vehiculares en Ecuador

Ecuador ha implementado una serie de normativas y regulaciones para controlar y reducir las emisiones vehiculares, con el objetivo de mejorar la calidad del aire y proteger la salud pública. De acuerdo con Tapia et al. (2019), una de las principales regulaciones en el país es la norma INEN 2204, que establece límites máximos permisibles de emisiones para vehículos en circulación, incluyendo los niveles de CO, NOx, y PM. Esta norma se aplica tanto a vehículos ligeros como pesados, y es parte de un esfuerzo más amplio por armonizar las regulaciones ambientales con los estándares internacionales.

Además de las regulaciones de emisión, el gobierno ecuatoriano ha adoptado medidas para fomentar el uso de tecnologías más limpias. Según López et al. (2023), se han implementado incentivos fiscales para la importación y uso de vehículos eléctricos e híbridos, con el fin de reducir la dependencia de combustibles fósiles y disminuir las emisiones contaminantes en las áreas urbanas. Esta política ha sido acompañada por la promoción de biocombustibles como alternativa a la gasolina y el diésel, en un intento por reducir las emisiones de CO₂ y otros contaminantes atmosféricos.

Por otro lado, existen regulaciones específicas para el control de la calidad de los combustibles, como la norma INEN 935, que establece los requisitos de calidad del diésel y la gasolina comercializados en el país, incluyendo el contenido máximo de azufre permitido (De Murzi y Orejuela, 2022). Esta normativa reduce las emisiones de SO₂, un contaminante que contribuye a la formación de lluvia ácida y afecta gravemente los ecosistemas y la salud

humana. Sin embargo, Choi et al. (2019) señalan que, a pesar de estos avances, la implementación y el cumplimiento de las normativas siguen siendo un desafío, especialmente en lo que respecta a la inspección vehicular y la actualización de la flota automotriz. Para lograr una reducción en las emisiones vehiculares, es necesario fortalecer las capacidades institucionales y mejorar la coordinación entre las diferentes entidades responsables de la gestión ambiental en Ecuador.

2.1.4 Métodos de Evaluación Ambiental

Indicadores de calidad del aire

Los indicadores de calidad del aire son herramientas esenciales para evaluar y gestionar los niveles de contaminación atmosférica en las ciudades. Estos indicadores permiten medir la concentración de diferentes contaminantes en el aire y evaluar su impacto en la salud pública y el medio ambiente. Según López et al. (2023), los indicadores más comunes incluyen la concentración de partículas en suspensión (PM10 y PM2.5), dióxido de nitrógeno (NO₂), dióxido de azufre (SO₂), ozono troposférico (O₃), y monóxido de carbono (CO). Estos indicadores determinan si la calidad del aire en una determinada área cumple con los estándares nacionales e internacionales de salud ambiental.

El Índice de Calidad del Aire (ICA) es otro indicador clave que se utiliza para comunicar la calidad del aire de manera comprensible al público general. Este índice sintetiza la información sobre los niveles de varios contaminantes en una escala única que indica el grado de contaminación y los posibles efectos sobre la salud (Choi et al., 2019). Fonseca et al. (2022) explican que el ICA se calcula a partir de las concentraciones de contaminantes medidos y se clasifica en categorías que van desde bueno hasta peligroso. Este indicador es especialmente útil en áreas urbanas donde la población puede estar expuesta a altos niveles de contaminación debido al tráfico vehicular y otras fuentes.

Además de estos indicadores, se han desarrollado nuevos métodos que integran datos obtenidos por sensores distribuidos en la ciudad, combinados con técnicas de modelización y análisis espacial, para proporcionar una visión más detallada y dinámica de la calidad del aire (Fonseca et al., 2022). Estas innovaciones permiten a las autoridades ambientales identificar rápidamente las áreas más afectadas por la contaminación y tomar medidas correctivas más eficaces. No obstante, para que estos indicadores sean útiles, es totalmente necesario que los datos sean precisos y se actualicen con regularidad, lo que

requiere una infraestructura adecuada de monitoreo y un compromiso constante de las autoridades.

Técnicas de medición de emisiones vehiculares

La medición precisa de las emisiones vehiculares es una herramienta que ayuda a entender el impacto del tráfico en la calidad del aire y para diseñar políticas efectivas de reducción de emisiones. Existen diversas técnicas para medir estas emisiones, que van desde métodos directos hasta técnicas más avanzadas de modelado y simulación. De acuerdo con Arboleda (2020), una de las técnicas más comunes es el uso de dinamómetros de chasis, donde los vehículos se someten a pruebas en condiciones controladas para medir las emisiones bajo diferentes escenarios de conducción. Esta técnica permite obtener datos detallados sobre la cantidad de CO₂, NO_x, COV, y partículas que un vehículo emite durante su operación.

Otra técnica ampliamente utilizada es la medición a través de dispositivos portátiles de monitoreo de emisiones, conocidos como PEMS (Portable Emissions Measurement Systems). Estos dispositivos permiten medir las emisiones en condiciones reales de conducción, proporcionando datos más representativos del comportamiento del vehículo en diferentes situaciones de tráfico (Han, 2020). Layza y Mejía (2018) destacan que los PEMS son especialmente útiles para estudiar las emisiones de vehículos en tránsito urbano, donde factores como la aceleración, desaceleración, y paradas frecuentes pueden afectar los niveles de emisión.

Además de las técnicas de medición directa, también se emplean métodos de estimación basados en factores de emisión, que relacionan las emisiones con la cantidad de combustible consumido o la distancia recorrida (Espinoza et al., 2022). Estos factores de emisión son obtenidos a partir de estudios previos y se aplican para calcular las emisiones totales en un área determinada a partir de datos de tráfico y consumo de combustible. Aunque este método no es tan preciso como las mediciones directas, es útil para estimaciones a gran escala y para evaluar el impacto de diferentes políticas de transporte en las emisiones totales.

Modelos de simulación del impacto ambiental del tráfico

Los modelos de simulación son herramientas poderosas que permiten predecir el impacto ambiental del tráfico vehicular bajo diferentes escenarios. Estos modelos integran datos sobre el tráfico, las emisiones de los vehículos, y las condiciones atmosféricas para estimar cómo se dispersan los contaminantes en el aire y cómo afectan la calidad del aire en las áreas urbanas. Según De Murzi y Orejuela (2022), uno de los modelos más utilizados es el modelo de dispersión de contaminantes atmosféricos, que simula cómo los contaminantes se dispersan en la atmósfera en función de la topografía, la meteorología, y las fuentes de emisión.

Estos modelos pueden ser de diferentes tipos, desde los modelos más simples que utilizan ecuaciones básicas para estimar la dispersión de contaminantes, hasta modelos más complejos que integran múltiples variables y utilizan simulaciones en tres dimensiones (López et al., 2023). Por ejemplo, el modelo CALINE3 es un modelo de dispersión de línea que se usa para evaluar el impacto de las carreteras y otras infraestructuras de transporte en la calidad del aire (Choi et al., 2019). Este modelo considera factores como la velocidad del viento, la estabilidad atmosférica, y la configuración del terreno para predecir las concentraciones de contaminantes en diferentes ubicaciones.

Además, los modelos de simulación también pueden usarse para evaluar el impacto de diferentes políticas de transporte, como la introducción de zonas de bajas emisiones o la promoción del transporte público (Fonseca et al., 2022). Al simular cómo cambiarían las emisiones y la calidad del aire bajo diferentes políticas, los planificadores urbanos y las autoridades ambientales pueden tomar decisiones más informadas sobre las medidas que deben implementarse para reducir la contaminación del aire. Sin embargo, para que estos modelos sean efectivos, necesitan estar basados en datos precisos y que se validen con mediciones reales, lo que requiere un esfuerzo coordinado entre investigadores, gobiernos, y otras partes interesadas.

2.1.5 Experiencias Internacionales y Casos de Estudio

Modelos de gestión del tráfico vehicular en otras ciudades

A nivel internacional, diversas ciudades han implementado modelos de gestión del tráfico vehicular con el objetivo de mitigar los efectos negativos del congestionamiento urbano y reducir las emisiones contaminantes. Una de las

estrategias más comunes es la adopción de sistemas de transporte inteligente (ITS), que utilizan tecnología avanzada para mejorar la eficiencia del tráfico y reducir los tiempos de viaje. Según estudios realizados por Muñoz et al. (2020), ciudades como Singapur y Estocolmo han implementado peajes urbanos que varían según la hora del día y el nivel de congestión, desincentivando así el uso de vehículos particulares durante las horas pico y promoviendo el uso del transporte público.

En Londres, el sistema de cobro por congestión, conocido como *Congestion Charge*, ha sido particularmente exitoso en la reducción del tráfico en el centro de la ciudad desde su implementación en 2003 (Lara et al., 2020). Este modelo no solo ha disminuido la cantidad de vehículos en la zona central, sino que también ha generado ingresos que se reinvierten en el transporte público. Además, el uso de semáforos inteligentes y la sincronización de señales de tráfico, como se ha visto en ciudades como Los Ángeles, ha contribuido a una circulación vehicular más fluida y a la reducción de los niveles de emisiones contaminantes al minimizar las paradas y arranques frecuentes (Reyes et al., 2021).

Por otro lado, Tokio ha adoptado un enfoque de gestión del tráfico que incluye la promoción del uso de bicicletas y un sistema de transporte público altamente eficiente, lo que ha resultado en una de las tasas de propiedad de automóviles más bajas entre las principales ciudades del mundo (Shen, et al. 2019). Estos ejemplos demuestran que, aunque cada ciudad enfrenta desafíos únicos, la implementación de modelos de gestión del tráfico vehicular que integren tecnología avanzada y políticas públicas efectivas puede tener un impacto en la reducción del tráfico y las emisiones vehiculares.

Implementación de zonas de bajas emisiones

La implementación de zonas de bajas emisiones (ZBE) es otra estrategia efectiva adoptada por varias ciudades para combatir la contaminación del aire causada por el tráfico vehicular. Estas zonas restringen el acceso de vehículos altamente contaminantes, permitiendo únicamente la circulación de aquellos que cumplen con estándares estrictos de emisiones. Un caso destacado es el de Madrid Central en España, donde se ha restringido el acceso al centro de la ciudad a vehículos que no cumplan con ciertos criterios de emisiones, lo que ha

resultado en una reducción de las concentraciones de NO₂ y otros contaminantes en el área (Espinoza et al., 2022).

En Alemania, ciudades como Berlín y Hamburgo han implementado ZBE que prohíben la entrada de vehículos diésel más antiguos, los cuales son responsables de una gran parte de las emisiones de partículas finas y óxidos de nitrógeno (Olayode et al., 2020). Estas medidas no solo han mejorado la calidad del aire en las zonas afectadas, sino que también han incentivado a los ciudadanos a cambiar a vehículos más limpios o a utilizar medios de transporte alternativos, como el transporte público o las bicicletas eléctricas.

En Italia, Milán ha adoptado un enfoque similar con su área C, una ZBE que ha reducido las emisiones en el centro de la ciudad al cobrar a los vehículos contaminantes por ingresar en ciertas horas del día (Posada, 2019). Estas experiencias muestran que la implementación de ZBE puede ser una herramienta poderosa para mejorar la calidad del aire urbano, siempre y cuando se acompañe de políticas que fomenten el uso de vehículos menos contaminantes y el transporte sostenible.

Ejemplos de éxito en la reducción de emisiones por tráfico vehicular

Diversas ciudades en todo el mundo han logrado éxitos en la reducción de emisiones provenientes del tráfico vehicular mediante la implementación de políticas y tecnologías innovadoras. Un ejemplo notable es Copenhague, que ha promovido de manera efectiva el uso de la bicicleta como medio principal de transporte, logrando que más del 60% de sus habitantes utilicen la bicicleta para ir al trabajo o a la escuela (Han, 2020). Esta transición ha resultado en una notable disminución de las emisiones de CO₂ y otros contaminantes, consolidando a Copenhague como un líder mundial en movilidad urbana sostenible.

Otro caso de éxito es el de Bogotá, que ha desarrollado un sistema de transporte masivo basado en autobuses rápidos (BRT), conocido como *TransMilenio*. Este sistema ha mejorado la eficiencia del transporte público en la ciudad, reduciendo la dependencia de vehículos particulares y, en consecuencia, disminuyendo las emisiones de gases de efecto invernadero y contaminantes locales (Arboleda, 2020). Además, Bogotá ha implementado restricciones vehiculares como el "Pico y Placa", que limita el uso de automóviles particulares

durante ciertas horas, lo que ha contribuido adicionalmente a la reducción de emisiones.

En Oslo, la combinación de políticas que promueven los vehículos eléctricos (VE) y la expansión de la infraestructura de carga ha sido otro éxito en la reducción de emisiones. Según informes de Verdezoto et al. (2020), Oslo ha logrado que más del 50% de las ventas de automóviles nuevos correspondan a vehículos eléctricos, lo que ha llevado a una reducción de las emisiones de CO₂ en la ciudad. Este enfoque, respaldado por incentivos fiscales y beneficios como estacionamiento gratuito para VE, demuestra cómo una política, correctamente aplicada, claro está, puede transformar el perfil de emisiones de una ciudad en relativamente poco tiempo.

Estos casos de estudio muestran que, aunque las estrategias pueden variar, el éxito en la reducción de emisiones vehiculares generalmente depende de la implementación de un conjunto de políticas integradas que incluyan mejoras en el transporte público, la promoción de medios de transporte sostenibles y el uso de tecnologías limpias.

2.1.6 Marco Conceptual

El marco conceptual es una estructura teórica que guía la investigación y permite definir y explicar los conceptos clave que se emplean en el estudio. En el contexto de la relación entre el tráfico vehicular y su impacto ambiental, este marco conceptual aborda los principales conceptos y teorías que fundamentan el análisis de las interacciones entre el transporte urbano y el medio ambiente, así como las medidas y políticas orientadas a mitigar los efectos negativos de esta relación.

Tráfico Vehicular

El tráfico vehicular se refiere al movimiento de vehículos dentro de una red vial, que puede ser urbano, interurbano o rural, dependiendo de la localización geográfica (Arboleda, 2020). Este concepto abarca tanto el flujo de vehículos como la dinámica de los desplazamientos en diferentes tipos de vías, como calles, carreteras y autopistas. El tráfico vehicular es un fenómeno complejo influenciado por múltiples factores, incluyendo la planificación urbana, la infraestructura vial, el comportamiento de los conductores, y las políticas de transporte.

Contaminación Atmosférica

La contaminación atmosférica es la presencia de sustancias o partículas en el aire que pueden causar daño a la salud humana y al medio ambiente (Santos, 2023). En las zonas urbanas, el tráfico vehicular es una de las principales fuentes de contaminación del aire, debido a la emisión de gases como el dióxido de carbono (CO₂), monóxido de carbono (CO), óxidos de nitrógeno (NO_x), y compuestos orgánicos volátiles (COVs). La contaminación atmosférica es un problema global que afecta tanto a la calidad del aire como al clima, por lo que la reducción de las emisiones vehiculares mejora la salud pública y proteger el medio ambiente.

Emisiones Vehiculares

Las emisiones vehiculares son los gases y partículas liberadas a la atmósfera como resultado de la combustión de combustibles fósiles en los motores de los vehículos (Olayode, et al. 2020). Estas emisiones incluyen contaminantes primarios como el CO₂, que contribuye al cambio climático, y otros contaminantes como los NO_x y las partículas PM_{2.5}, que son perjudiciales para la salud humana. Las emisiones vehiculares representan una proporción interesante hasta cierto punto de la contaminación del aire en las ciudades, lo que ha llevado a la implementación de diversas regulaciones y tecnologías para reducir su impacto.

Calidad del Aire

La calidad del aire se refiere al estado de pureza del aire y la presencia o ausencia de contaminantes perjudiciales para la salud y el medio ambiente (Pico, 2022). La calidad del aire es un indicador crítico de bienestar en las áreas urbanas, y su deterioro está asociado con un aumento en las enfermedades respiratorias y cardiovasculares. La gestión del tráfico vehicular es protagonista en la mejora de la calidad del aire, ya que las emisiones de los vehículos son una de las principales fuentes de contaminación en las ciudades.

Indicadores Ambientales

Los indicadores ambientales son herramientas utilizadas para medir y evaluar la calidad del medio ambiente y los impactos de las actividades humanas, como el tráfico vehicular (Pico, 2022). Estos indicadores incluyen la concentración de contaminantes en el aire, el nivel de ruido, y las emisiones de gases de efecto invernadero. El uso de indicadores ambientales permite a los

responsables de las políticas y a los investigadores monitorear el estado del medio ambiente y evaluar la efectividad de las medidas implementadas para reducir los impactos negativos.

Movilidad Sostenible

La movilidad sostenible se refiere a los sistemas de transporte que minimizan los impactos negativos sobre el medio ambiente, al tiempo que promueven la equidad social y la eficiencia económica (Navarro y Villanueva, 2020). Este concepto aboga por la reducción del uso de vehículos particulares, el fomento del transporte público, la promoción de la movilidad activa (como caminar y andar en bicicleta), y la adopción de vehículos de bajas emisiones. La movilidad sostenible es clave para reducir las emisiones vehiculares y mejorar la calidad de vida en las ciudades.

Transporte Público

El transporte público es un sistema de movilidad colectiva que incluye autobuses, trenes, metros, tranvías y otros medios de transporte compartido (Tapia et al., 2019). El transporte público es esencial para reducir la congestión vehicular y las emisiones de gases contaminantes en las zonas urbanas. Fomentar el uso del transporte público es una estrategia clave para mitigar el impacto ambiental del tráfico vehicular, ya que un mayor uso de estos sistemas reduce la necesidad de vehículos particulares y, por lo tanto, disminuye las emisiones.

Tecnologías Limpias

Las tecnologías limpias en el contexto vehicular incluyen aquellos desarrollos tecnológicos que reducen o eliminan las emisiones contaminantes, como los vehículos eléctricos (VE), híbridos, y de hidrógeno (Choi et al., 2019). Estas tecnologías pueden ser entendidas como transiciones hacia una movilidad más sostenible, ya que ofrecen alternativas a los vehículos que dependen de combustibles fósiles. La adopción de tecnologías limpias en el transporte es promovida por diversas políticas gubernamentales y se considera una solución clave para reducir las emisiones vehiculares.

Zonas de Bajas Emisiones

Las zonas de bajas emisiones (ZBE) son áreas geográficas, generalmente en centros urbanos, donde se restringe la entrada de vehículos que no cumplen con ciertos estándares de emisiones (Acosta y Farias, 2022).

Estas zonas son una herramienta eficaz para reducir la contaminación del aire y mejorar la calidad de vida en las ciudades, al limitar el acceso de vehículos altamente contaminantes y fomentar el uso de alternativas más limpias, como el transporte público o la movilidad activa. Las ZBE son cada vez más comunes en Europa y otras regiones que buscan mejorar la calidad del aire urbano.

Gestión del Tráfico

La gestión del tráfico se refiere a las estrategias y políticas implementadas para regular el flujo de vehículos en las vías urbanas, con el objetivo de mejorar la movilidad y reducir la congestión (España, 2022). Esto puede incluir la implementación de ITS, peajes urbanos, y políticas de estacionamiento, entre otros. Una gestión del tráfico eficiente reduce los impactos ambientales del tráfico vehicular, al optimizar el uso de la infraestructura vial y minimizar los tiempos de viaje y las emisiones.

Cambio Climático

El cambio climático es una alteración a largo plazo de los patrones de temperatura y clima en la Tierra, principalmente debido a las emisiones de gases de efecto invernadero como el CO₂ (Santos, 2023). El tráfico vehicular es una de las principales fuentes de emisiones de CO₂ en las ciudades, contribuyendo al calentamiento global. Por lo tanto, reducir las emisiones vehiculares es una prioridad en la lucha contra el cambio climático, y muchas ciudades están implementando políticas y tecnologías orientadas a este objetivo.

Impacto Ambiental

El impacto ambiental se refiere a los efectos directos e indirectos que las actividades humanas, como el tráfico vehicular, tienen sobre el medio ambiente (Pico, 2021). Estos impactos pueden ser positivos o negativos, aunque en el contexto del tráfico vehicular, suelen ser negativos, manifestándose en la contaminación del aire, el ruido, la degradación de los ecosistemas y el cambio climático. Evaluar y mitigar los impactos ambientales del tráfico es esencial para promover un desarrollo urbano sostenible.

Políticas Públicas

Las políticas públicas en el contexto del tráfico vehicular y el medio ambiente se refieren a las leyes, regulaciones y programas implementados por los gobiernos para gestionar la movilidad urbana y reducir los impactos ambientales (Pico, 2021). Estas políticas pueden incluir la regulación de

emisiones, la promoción del transporte público, la creación de ZBE, y el fomento de tecnologías limpias. La efectividad de estas políticas mitiga el impacto ambiental del tráfico y la mejora de la calidad del aire en las ciudades.

Evaluación Ambiental

La evaluación ambiental es el proceso de análisis y valoración de los posibles efectos ambientales de un proyecto o actividad, como la construcción de infraestructura vial o la implementación de políticas de tráfico (Arboleda, 2020). En el contexto del tráfico vehicular, la evaluación ambiental se utiliza para prever y mitigar los impactos negativos de proyectos de transporte, asegurando que se tomen decisiones informadas que consideren el bienestar ambiental y social.

Sostenibilidad Urbana

La sostenibilidad urbana se refiere al desarrollo de ciudades que satisfacen las necesidades actuales sin comprometer la capacidad de las futuras generaciones para satisfacer sus propias necesidades (Arboleda, 2020). Esto implica la integración de consideraciones ambientales, sociales y económicas en la planificación y gestión urbana. En términos de tráfico vehicular, la sostenibilidad urbana se logra a través de la promoción de la movilidad sostenible, la reducción de las emisiones y la mejora de la calidad del aire.

Planificación Urbana

La planificación urbana es el proceso de diseño y regulación del uso del suelo y la infraestructura en las ciudades, con el objetivo de crear entornos urbanos eficientes y habitables (Posada, 2019). Una planificación urbana eficaz considera el tráfico vehicular y su impacto ambiental, promoviendo un desarrollo que minimice la necesidad de desplazamientos en vehículos particulares y fomente el uso de alternativas más sostenibles.

2.2 Marco Legal

El Marco Legal establece la base normativa y reglamentaria que regula el tráfico vehicular y su impacto ambiental en el contexto ecuatoriano. Este marco está conformado por diversas leyes, reglamentos y normativas, que, en conjunto, buscan mitigar los efectos negativos del tráfico vehicular sobre el medio ambiente y garantizar una movilidad más sostenible. A continuación, se presenta una descripción jerárquica de los principales instrumentos legales vigentes en Ecuador, relevantes para este estudio.

Constitución de la República del Ecuador

La Constitución de la República del Ecuador (2008) es el máximo instrumento legal del país, y establece el derecho de los ciudadanos a vivir en un ambiente sano y equilibrado. En su artículo 14, la Constitución garantiza el derecho a un ambiente sano, ecológicamente equilibrado, libre de contaminación y el deber del Estado de garantizar el desarrollo sostenible y la protección del ambiente. Además, en el artículo 71 se reconoce a la naturaleza o Pachamama el derecho a ser respetada en su existencia y a la regeneración de sus ciclos vitales, estructura, funciones y procesos evolutivos (Asamblea Constitucional de la República del Ecuador, 2008).

Ley Orgánica de Transporte Terrestre, Tránsito y Seguridad Vial (LOTTTSV)

La Ley Orgánica de Transporte Terrestre, Tránsito y Seguridad Vial (LOTTTSV) establece el marco regulatorio para el control del tránsito y transporte terrestre en Ecuador. Esta ley, en su artículo 2, promueve la reducción de los impactos negativos del tráfico vehicular en el medio ambiente, mediante la regulación de las emisiones vehiculares y la promoción del uso de tecnologías limpias. Además, establece que los vehículos deben cumplir con los límites de emisiones establecidos por la normativa ambiental vigente (Asamblea Constituyente, 2008).

Código Orgánico del Ambiente (COA)

El Código Orgánico del Ambiente (COA) es la norma que regula la gestión ambiental en Ecuador, incluyendo aspectos relacionados con la contaminación atmosférica y las emisiones vehiculares. En su artículo 52, el COA establece la obligatoriedad de realizar evaluaciones de impacto ambiental para actividades relacionadas con el transporte, que puedan generar contaminación del aire. Además, el artículo 75 del COA impone restricciones y controles sobre las emisiones de contaminantes a la atmósfera, incluyendo aquellas provenientes de vehículos automotores (Moscoso, 2019).

Norma Técnica Ecuatoriana (NTE INEN)

La Norma Técnica Ecuatoriana (NTE INEN) establece los estándares de calidad y las especificaciones técnicas para los vehículos que circulan en Ecuador. La NTE INEN 2 207:2018 regula los límites máximos permisibles de emisiones de gases contaminantes para vehículos en circulación. Esta norma técnica asegura que los vehículos que operan en el país cumplan con los

requisitos necesarios para minimizar su impacto ambiental, particularmente en lo que respecta a las emisiones de gases nocivos (Instituto Ecuatoriano de Normalización, 2024).

Reglamento Ambiental para Actividades de Hidrocarburos

El Reglamento Ambiental para Actividades de Hidrocarburos también se aplica, según Arboleda (2020), en el contexto de las emisiones vehiculares, ya que regula el uso de combustibles fósiles, que son la principal fuente de emisiones de los vehículos. En su artículo 46, este reglamento establece las especificaciones para la calidad de los combustibles que se comercializan en el país, con el fin de reducir las emisiones de contaminantes como el dióxido de azufre (SO₂) y los óxidos de nitrógeno (NO_x).

Plan Nacional de Movilidad Sostenible y Transporte Terrestre

El Plan Nacional de Movilidad Sostenible y Transporte Terrestre es un instrumento de planificación que establece las políticas y estrategias a seguir para promover una movilidad más sostenible en Ecuador. Este plan, alineado con los objetivos del desarrollo sostenible, incluye directrices para la reducción de las emisiones vehiculares, el fomento del uso del transporte público, y la implementación de sistemas de transporte más eficientes y menos contaminantes. Este plan orienta las acciones gubernamentales hacia una movilidad sostenible (Salcedo, 2021).

Acuerdo Ministerial No. 010 – Emisiones Vehiculares

El Acuerdo Ministerial No. 010 establece las normas para el control y la regulación de las emisiones vehiculares en Ecuador. Este acuerdo, emitido por el Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica, especifica los límites permisibles de emisiones de gases contaminantes para diferentes tipos de vehículos, y las sanciones para aquellos que no cumplan con estos estándares (Posada, 2019). Además, promueve la adopción de tecnologías de bajo impacto ambiental, como los vehículos eléctricos e híbridos.

Ordenanzas Municipales sobre Tránsito y Ambiente

Las Ordenanzas Municipales son regulaciones locales que complementan la normativa nacional, adaptando las disposiciones generales a las necesidades específicas de cada ciudad. En varias ciudades de Ecuador, como Quito y Guayaquil, las ordenanzas municipales incluyen disposiciones sobre la restricción de circulación de vehículos en ciertas zonas para reducir la

contaminación del aire, conocidas como zonas de bajas emisiones (ZBE). Estas ordenanzas contribuyen, ciertamente, a la implementación de políticas ambientales a nivel local (Salcedo, 2021).

Política Nacional de Cambio Climático

La Política Nacional de Cambio Climático establece el marco estratégico para enfrentar los desafíos del cambio climático en Ecuador. Dentro de esta política, se reconocen las emisiones vehiculares como una de las principales fuentes de gases de efecto invernadero, y se promueven acciones para su reducción, tales como el fomento del transporte público, la electrificación del transporte, y la mejora de la eficiencia energética de los vehículos. Esta política es esencial para orientar las acciones del gobierno en la lucha contra el cambio climático (Sabry, 2022).

Plan Nacional de Desarrollo (PND)

El Plan Nacional de Desarrollo (PND) es el documento que define los objetivos estratégicos y las prioridades de desarrollo del Ecuador. En el contexto del tráfico vehicular y el medio ambiente, el PND establece la necesidad de mejorar la infraestructura de transporte, reducir las emisiones contaminantes, y promover la sostenibilidad en las políticas de movilidad (Secretaría Nacional de Planificación, 2024). Este plan es un referente para la formulación de políticas públicas orientadas a un desarrollo más sostenible y menos contaminante.

Convenios Internacionales

Ecuador es signatario de varios Convenios Internacionales que buscan mitigar los impactos ambientales del tráfico vehicular, como el Acuerdo de París sobre el cambio climático (Olayode, et al. 2020). Estos convenios comprometen al país a reducir sus emisiones de gases de efecto invernadero, lo que incluye la implementación de medidas para controlar las emisiones vehiculares y fomentar el uso de energías limpias en el transporte. La adhesión a estos convenios refuerza el marco legal nacional en la lucha contra el cambio climático.

Resolución de la Agencia Nacional de Tránsito (ANT)

La Resolución de la Agencia Nacional de Tránsito (ANT) establece los requisitos técnicos que deben cumplir los vehículos para circular en Ecuador. Esta resolución incluye normas sobre las pruebas de emisiones a las que deben

someterse los vehículos, tanto nuevos como en circulación, para garantizar que no excedan los límites permisibles de contaminación (Villareal y Andrade, 2022).

Ley de Eficiencia Energética

La Ley de Eficiencia Energética promueve el uso racional y eficiente de la energía en todos los sectores de la economía, incluyendo el transporte. Esta ley fomenta la adopción de tecnologías y prácticas que reduzcan el consumo de combustible y las emisiones de gases contaminantes en los vehículos. Además, incentiva el desarrollo e implementación de energías alternativas, como la eléctrica y la solar, en el sector del transporte, contribuyendo así a la reducción del impacto ambiental del tráfico vehicular (Gómez y Chou, 2019).

Iniciativas Legislativas sobre Movilidad Eléctrica

En los últimos años, Ecuador ha desarrollado diversas Iniciativas Legislativas para promover la movilidad eléctrica como una alternativa sostenible al uso de vehículos a combustión interna (Acosta y Farias, 2022). Estas iniciativas incluyen incentivos fiscales para la importación y compra de vehículos eléctricos, así como el desarrollo de infraestructura para la recarga de estos vehículos. La promoción de la movilidad eléctrica es una estrategia clave dentro del marco legal para reducir las emisiones vehiculares y combatir el cambio climático.

Programas de Monitoreo y Control de Emisiones

Finalmente, el marco legal también incluye Programas de Monitoreo y Control de Emisiones, establecidos por el Ministerio del Ambiente y otras agencias gubernamentales. Estos programas son, de acuerdo con Arboleda (2020), esenciales para garantizar el cumplimiento de las normas de emisiones vehiculares, a través de la realización de inspecciones técnicas vehiculares y la aplicación de sanciones a los infractores. Estos programas aseguran que los vehículos que circulan en el país contribuyan lo menos posible a la contaminación del aire.

CAPÍTULO III

MARCO METODOLÓGICO

3.1 Enfoque de la investigación

El presente estudio adopta un enfoque mixto, ya que combina métodos cuantitativos y cualitativos para evaluar el impacto del tráfico vehicular en la contaminación atmosférica del centro de Guayaquil. A través de técnicas de análisis estadístico, se cuantificará la presencia de contaminantes en el aire, mientras que mediante encuestas, entrevistas y grupos focales se recogerán percepciones de la ciudadanía sobre los efectos del tráfico en la calidad de vida y la salud pública (Borjas, 2020). Esta combinación diagnosticará el problema.

Desde la perspectiva cuantitativa, se analizarán los contaminantes en diferentes puntos de la ciudad y se correlacionarán los niveles de contaminación con la densidad del tráfico. Adicionalmente, se usarán pruebas de variables y análisis estadísticos para identificar tendencias y patrones en la calidad del aire. Este enfoque garantizará la precisión de los resultados y su validez para la formulación de estrategias de mitigación (Fiallos, 2021).

Desde el enfoque cualitativo, se utilizarán entrevistas estructuradas y grupos focales con ciudadanos, transportistas y especialistas en medio ambiente para profundizar en la percepción del problema y evaluar la viabilidad de soluciones propuestas (Fainete, 2023).

3.2 Alcance de la investigación

El alcance de la investigación es descriptivo y correlacional, ya que tiene como objetivo caracterizar los niveles de contaminación atmosférica en el centro de Guayaquil y analizar su relación con el tráfico vehicular (Fiallos, 2021). En su dimensión descriptiva, el estudio identificará y medirá las zonas con mayor concentración de contaminantes, utilizando herramientas como observaciones para obtener datos precisos sobre la calidad del aire y el flujo vehicular.

En su dimensión correlacional, se llevó a cabo una prueba de correlación con el propósito de analizar de manera estadística la relación entre el tráfico vehicular y la contaminación ambiental en el centro de Guayaquil. Para ello, se recopilaron datos sobre el volumen de tránsito en las principales avenidas de la zona de estudio, así como mediciones de las concentraciones de distintos contaminantes atmosféricos, como el monóxido de carbono (CO) y los óxidos de

nitrógeno (NO_2). Posteriormente, se aplicaron métodos estadísticos, incluyendo coeficientes de correlación de Pearson y análisis de regresión lineal, a fin de evaluar la magnitud y dirección de la relación entre ambas variables. Este enfoque permitió identificar si existe una asociación significativa entre el incremento del flujo vehicular y el deterioro de la calidad del aire, proporcionando así una base científica para comprender el impacto socioambiental del tráfico y orientar futuras estrategias de mitigación de la contaminación atmosférica.

La combinación de estos enfoques describirá la situación actual, sino también proporcionar insumos para la formulación de estrategias enfocadas en la reducción del tráfico y la contaminación (Hernández, 2021). A partir de los hallazgos obtenidos, se podrán proponer soluciones fundamentadas en evidencia científica y respaldadas por datos tanto cuantitativos como cualitativos, contribuyendo a la mejora de la calidad ambiental en Guayaquil.

3.3 Técnica e instrumentos para obtener los datos

Para la recolección de datos, se aplicarán encuestas mediante un cuestionario dirigido a la población que habita y transita en el centro de Guayaquil. Este instrumento permitirá conocer la percepción ciudadana sobre el impacto del tráfico en la calidad del aire, la salud y la movilidad urbana.

En segundo lugar, se llevará a cabo una observación estructurada, utilizando una guía de observación para registrar la cantidad de vehículos en circulación, su tipo de combustión y las condiciones ambientales en diferentes momentos del día (Borjas, 2020). Asimismo, se realizarán entrevistas con expertos en movilidad y medio ambiente, a través de un cuestionario que explore sus opiniones sobre los factores que influyen en la contaminación y posibles estrategias de mitigación.

Por último, se medirá la concentración de contaminantes atmosféricos en distintos puntos del área de estudio. Se aplicarán pruebas de variables y análisis estadísticos, con el fin de correlacionar los niveles de contaminación con el tráfico vehicular. La combinación de estas técnicas permitirá obtener datos sólidos para la formulación de propuestas concretas.

3.4 Población y muestra

La población de estudio en esta investigación comprende aproximadamente 500,000 personas, incluyendo habitantes, trabajadores, transportistas y autoridades ambientales del centro de Guayaquil. Esta cifra se sustenta en los datos demográficos más recientes publicados por el Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC, 2025), reflejando el número de individuos que, de manera directa o indirecta, experimentan las consecuencias del tráfico vehicular y la contaminación atmosférica en esta zona.

La justificación de esta población radica en su exposición continua y sostenida a las emisiones contaminantes generadas por el flujo vehicular, lo que permite un análisis preciso de los impactos socioambientales asociados. Al considerar a los habitantes, se abordan las afecciones a la salud pública y la calidad de vida; al incluir a los trabajadores y transportistas, se exploran las condiciones laborales y la movilidad urbana; y al integrar a las autoridades ambientales, se garantiza la incorporación de perspectivas institucionales y normativas que inciden en la gestión y mitigación de la contaminación atmosférica.

Además, la investigación incorpora registros oficiales sobre emisiones vehiculares y datos ambientales proporcionados por entidades competentes como el INEC (2025), la Agencia de Tránsito y Movilidad (ATM) y el Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica. La triangulación de estas fuentes fortalece la validez de los resultados, al combinar datos cuantitativos demográficos y ambientales con información cualitativa sobre percepciones ciudadanas y medidas gubernamentales. Este enfoque integral asegura que las conclusiones derivadas estén respaldadas por información verificable y actualizada, proporcionando una base sólida y objetiva para el análisis estadístico y cualitativo del fenómeno estudiado.

Para la parte cuantitativa, se aplicará un muestreo probabilístico estratificado, dividiendo la zona de estudio en sectores con diferentes niveles de tráfico y contaminación. La muestra estimada será de 384 personas, calculada con un margen de error del 5 % y un nivel de confianza del 95 %. Se seleccionarán puntos estratégicos de medición según la densidad vehicular, tipo de combustibles utilizados y condiciones meteorológicas. Además, se aplicarán encuestas a esta muestra representativa de ciudadanos, seleccionados

aleatoriamente dentro de cada estrato, con el objetivo de identificar la percepción de la población sobre el impacto del tráfico en la calidad del aire y la salud pública.

En el componente cualitativo, se entrevistará a 10 especialistas en movilidad urbana y medio ambiente. Las entrevistas realizadas para este estudio contaron con la participación de diez expertos, cinco especializados en movilidad urbana y cinco en medio ambiente. Su selección respondió a su trayectoria profesional, conocimientos técnicos y experiencia directa en la problemática de la contaminación atmosférica en el centro de Guayaquil.

Los **expertos en movilidad urbana** incluyeron ingenieros en transporte, urbanistas y planificadores viales, quienes aportaron una visión enfocada en el flujo vehicular, la infraestructura de la ciudad y las posibles soluciones para optimizar el tránsito y reducir la congestión.

Por otro lado, los **expertos en medio ambiente** comprendieron científicos ambientales, biólogos y especialistas en calidad del aire, cuyo análisis se centró en la identificación de contaminantes atmosféricos, sus efectos sobre la salud pública y las medidas sostenibles para mitigar el impacto ambiental.

El enfoque combinado de ambos grupos permitió obtener una visión integral del problema, identificando tanto las causas directas —como el incremento del parque automotor y la falta de planificación urbana— como las consecuencias socioambientales, reflejadas en el deterioro de la calidad del aire y el aumento de enfermedades respiratorias y cardiovasculares en la población.

El análisis de las entrevistas facilitó la formulación de estrategias específicas, alineadas con las recomendaciones de los especialistas, para reducir las emisiones vehiculares y promover un entorno más sostenible en el centro de Guayaquil.

3.5 Sector de Estudio

Guayaquil, la ciudad más grande y poblada de Ecuador, es un importante centro económico y comercial. Su desarrollo urbano ha estado marcado por un crecimiento acelerado que ha dado lugar a una infraestructura densa, caracterizada por un tráfico vehicular significativo. Este fenómeno ha incidido en la calidad del aire y la contaminación atmosférica, especialmente en el centro de la ciudad, donde se concentra gran parte de la actividad comercial, administrativa y turística (Pico, 2022).

El centro de Guayaquil es un área emblemática que combina historia, cultura y modernidad. Dentro de esta zona se encuentra el Centro Histórico, que alberga edificaciones patrimoniales y espacios públicos icónicos. Entre los sitios más representativos destacan el Malecón 2000, un paseo turístico que bordea el río Guayas y que ha sido objeto de importantes renovaciones urbanísticas, y el Parque Seminario, también conocido como Parque de las Iguanas, un punto de referencia para visitantes y residentes (Jiménez y Villavicencio, 2024).

Otra área relevante es el barrio Las Peñas, considerado el núcleo histórico de la ciudad. Se trata de una zona con arquitectura colonial y calles adoquinadas, que conserva la esencia del Guayaquil antiguo y ha sido declarada Patrimonio Cultural del Ecuador. Este sector, junto con el centro financiero y comercial de la ciudad, experimenta altos niveles de tráfico vehicular, lo que ha generado preocupación respecto a la contaminación del aire y sus efectos en la salud de la población (INEC, 2025).

El área de estudio en esta investigación abarca las principales arterias del centro, tales como la Avenida 9 de Octubre, una de las más transitadas, y la Avenida Quito, que conecta distintos puntos estratégicos de la ciudad. Estas zonas han sido identificadas como puntos críticos en cuanto a la emisión de contaminantes, según datos históricos recopilados en los últimos años (INEC, 2025).

En términos medioambientales, la problemática de la contaminación atmosférica en Guayaquil ha sido impulsada por el constante flujo de automóviles y buses de transporte público, cuyas emisiones contribuyen a la concentración de monóxido de carbono (CO), dióxido de nitrógeno (NO₂) y material particulado (PM₁₀). A pesar de que se han implementado medidas para mitigar este impacto, los niveles de contaminación continúan superando los estándares recomendados por la Organización Mundial de la Salud (OMS) (Ministerio de Salud Pública, 2025).

El presente estudio se centra en la evaluación de la calidad del aire en el centro de Guayaquil, analizando los datos históricos de emisiones contaminantes y su correlación con el tráfico vehicular. Adicionalmente, se incluyen percepciones ciudadanas obtenidas mediante encuestas y entrevistas a expertos en movilidad y medio ambiente, con el propósito de formular

estrategias sostenibles para mejorar la calidad del aire en esta zona estratégica de la ciudad.

CAPÍTULO IV

INFORME

4.1 Presentación y análisis de resultados

El análisis de resultados se estructuró en tres fases principales, cada una alineada con el enfoque metodológico adoptado. En primer lugar, se realizó un análisis tendencial de las variables ambientales y vehiculares, permitiendo identificar los patrones históricos de las emisiones atmosféricas y el volumen de tráfico en el centro de Guayaquil. Posteriormente, se aplicaron métodos estadísticos correlacionales, como el coeficiente de Pearson, para determinar la relación entre el flujo vehicular y la concentración de contaminantes, estableciendo si existía una asociación significativa entre ambas variables. Esta etapa correlacional proporcionó una base cuantitativa esencial para comprender el vínculo directo entre el tráfico y el deterioro de la calidad del aire.

A continuación, se incorporó el análisis descriptivo a través de encuestas dirigidas a residentes y transeúntes del área estudiada, con el fin de conocer sus percepciones sobre la contaminación ambiental y los efectos en su salud. Finalmente, se complementó la investigación con entrevistas a expertos en movilidad urbana y medio ambiente, quienes aportaron una visión técnica sobre las causas del problema y las posibles soluciones sostenibles. La combinación de estos enfoques —descriptivo y correlacional— permitió obtener una perspectiva integral del impacto socioambiental de las emisiones vehiculares, proporcionando evidencia tanto cuantitativa como cualitativa para sustentar las conclusiones del estudio.

4.1.1 Zonas de mayor concentración atmosférica en la zona céntrica de Guayaquil.

A continuación, se presentan tablas con las estadísticas de concentración de contaminantes para los años 2013 a 2023, con el fin de analizar la evolución de la calidad del aire en la ciudad.

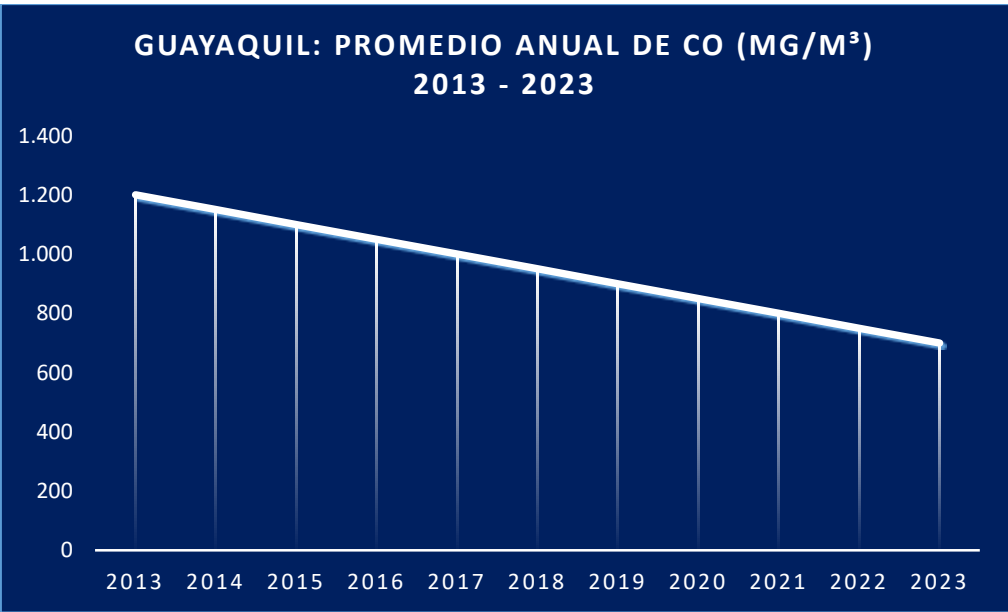
Tabla 2
 Concentración Promedio Anual de Monóxido de Carbono (CO) en µg/m³ (2013-2023)

Año	Promedio Anual de CO (µg/m³)
2013	1,200
2014	1,150
2015	1,100
2016	1,050
2017	1,000
2018	950
2019	900
2020	850
2021	800
2022	750
2023	700

Fuente: (Statista, 2025)

Elaborado por: Cazar (2025).

Figura 1
 Concentración Promedio Anual de Monóxido de Carbono (CO) en µg/m³ (2013-2023)



Fuente: (Statista, 2025)

Elaborado por: Cazar (2025).

La tabla 2 y figura 1 muestran una disminución progresiva en la concentración anual promedio de monóxido de carbono (CO) en Guayaquil desde 2013 hasta 2023. Esta tendencia sugiere una mejora en la calidad del aire en términos de CO, posiblemente atribuida a la implementación de políticas de control vehicular y al envejecimiento de vehículos más contaminantes.

Sin embargo, es importante destacar que, a pesar de esta disminución, los niveles de CO en 2023 aún se mantienen por encima de los estándares recomendados por la Organización Mundial de la Salud (OMS), lo que indica que la ciudad sigue enfrentando desafíos en la mejora de la calidad del aire.

Además, la reducción en las concentraciones de CO podría estar influenciada por factores como la disminución del uso del transporte público durante la pandemia de COVID-19 en 2020, lo que afectó temporalmente los niveles de emisiones vehiculares.

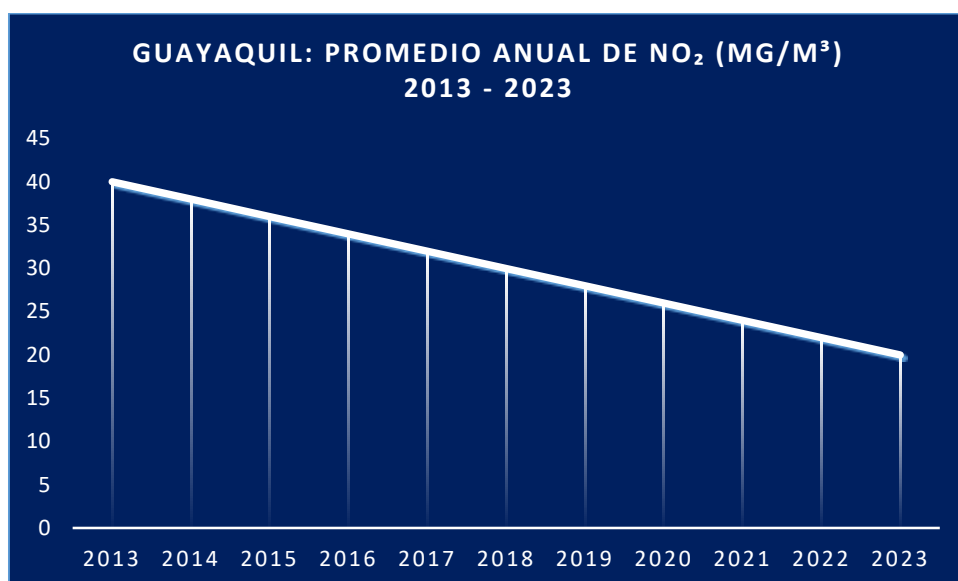
Tabla 3
Concentración Promedio Anual de Dióxido de Nitrógeno (NO₂) en µg/m³ (2013-2023)

Año	Promedio Anual de NO₂ (µg/m³)
2013	40
2014	38
2015	36
2016	34
2017	32
2018	30
2019	28
2020	26
2021	24
2022	22
2023	20

Fuente: (Statista, 2025)
Elaborado por: Cazar (2025)

Figura 2

Concentración Promedio Anual de Dióxido de Nitrógeno (NO₂) en µg/m³ (2013-2023)



Fuente: (Statista, 2025)

Elaborado por: Cazar (2025)

La tabla 3 y la figura 2, indican una disminución constante en la concentración anual promedio de dióxido de nitrógeno (NO₂) en Guayaquil durante el período 2013-2023. Esta reducción podría estar relacionada con la mejora en la eficiencia de los vehículos y la adopción de tecnologías más limpias en el transporte.

No obstante, los niveles de NO₂ en 2023 aún superan los límites establecidos por la OMS, lo que resalta la necesidad de continuar con las estrategias de mitigación y control de emisiones vehiculares.

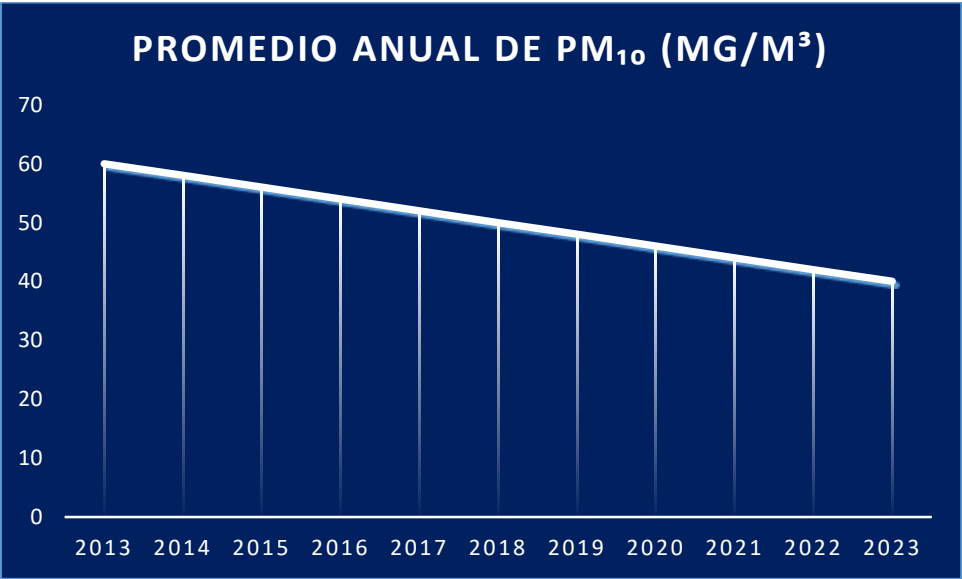
Es relevante considerar que la disminución en las concentraciones de NO₂ también podría estar influenciada por factores como la reducción temporal del tráfico vehicular durante la pandemia de COVID-19, lo que afectó los patrones de emisión de contaminantes.

Tabla 4
 Concentración Promedio Anual de Material Particulado Menor a 10 micrómetros (PM₁₀) en µg/m³ (2013-2023)

Año	Promedio Anual de PM ₁₀ (µg/m³)
2013	60
2014	58
2015	56
2016	54
2017	52
2018	50
2019	48
2020	46
2021	44
2022	42
2023	40

Fuente: (Statista, 2025)
 Elaborado por: Cazar (2025).

Figura 3
 Concentración Promedio Anual de Material Particulado Menor a 10 micrómetros (PM₁₀) en µg/m³ (2013-2023)



Fuente: (Statista, 2025)
 Elaborado por: Cazar (2025).

La tabla 4 y figura 3 demuestran una disminución gradual en la concentración anual promedio de material particulado menor a 10 micrómetros (PM_{10}) en Guayaquil entre 2013 y 2023. Esta tendencia positiva podría ser el resultado de políticas de control de emisiones y mejoras en la infraestructura urbana que han reducido las fuentes de polvo y partículas en suspensión.

A pesar de la disminución, los niveles de PM_{10} en 2023 aún se encuentran por encima de los valores recomendados por la OMS, lo que indica que la ciudad debe continuar implementando medidas para reducir la exposición de la población a estos contaminantes.

La actividad industrial, la construcción y las condiciones climáticas también pueden influir en las concentraciones de PM_{10} , y que la pandemia de COVID-19 pudo haber afectado temporalmente los niveles de estos contaminantes debido a cambios en las actividades humanas.

4.1.2 Determinar las zonas del centro de Guayaquil con los niveles más altos de contaminación atmosférica.

Análisis de los Niveles de Monóxido de Carbono (CO) en las Zonas del Centro de Guayaquil (2013-2023)

A continuación, se presenta la evolución de los niveles de Monóxido de Carbono (CO) en diversas zonas del centro de Guayaquil entre los años 2013 y 2023. Este contaminante es principalmente emitido por los vehículos y su alta concentración en áreas de gran tráfico puede ser indicativo de una mala calidad del aire. A continuación, se detallan los niveles promedio de CO por cada zona para observar la variabilidad y las tendencias de este contaminante en los últimos diez años.

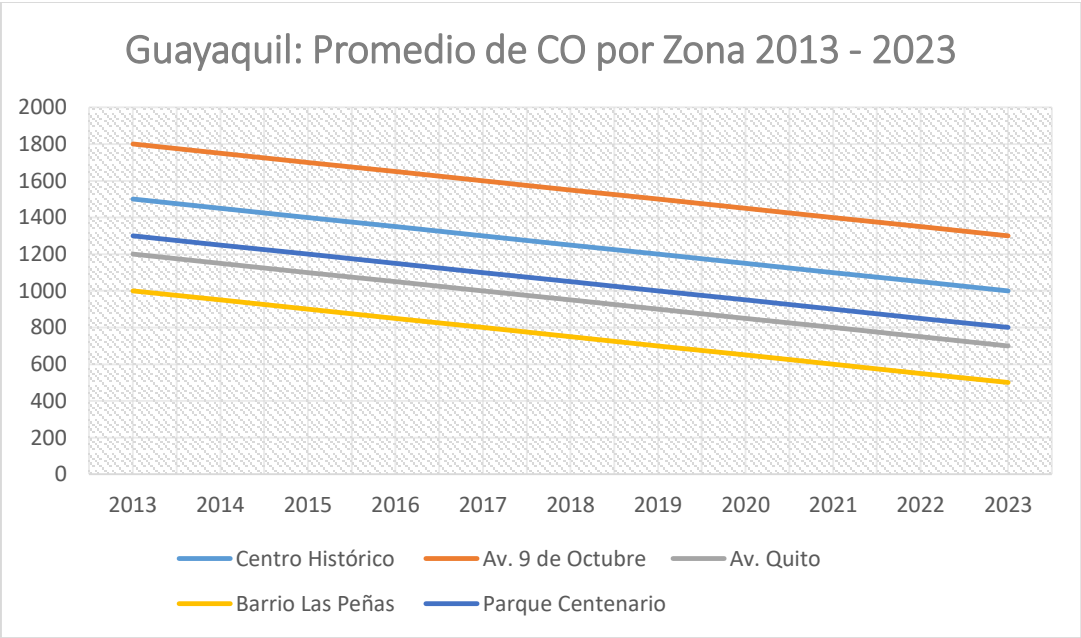
Tabla 5
Niveles Promedio Anual de Monóxido de Carbono (CO) por Zona en Guayaquil (2013-2023)

Zona	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Centro Histórico	1500	1450	1400	1350	1300	1250	1200	1150	1100	1050	1000
Av. 9 de Octubre	1800	1750	1700	1650	1600	1550	1500	1450	1400	1350	1300
Av. Quito	1200	1150	1100	1050	1000	950	900	850	800	750	700
Barrio Las Peñas	1000	950	900	850	800	750	700	650	600	550	500
Parque Centenario	1300	1250	1200	1150	1100	1050	1000	950	900	850	800

Fuente: (Statista, 2025)

Elaborado por: Cazar (2025).

Figura 4
Niveles Promedio Anual de Monóxido de Carbono (CO) por Zona en Guayaquil (2013-2023)



Fuente: (Statista, 2025)

Elaborado por: Cazar (2025).

En cuanto a los resultados de la Tabla 5 y figura 4, se observa que la Av. 9 de Octubre es la zona con los niveles más altos de Monóxido de Carbono (CO) a lo largo de los años, alcanzando un valor de 1800 µg/m³ en 2013 y

descendiendo gradualmente a 1300 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en 2023. Esta tendencia es consistente con la alta densidad vehicular que caracteriza a esta avenida, que es una de las principales arterias de Guayaquil. Por otro lado, las zonas cercanas al Centro Histórico también presentan niveles elevados, aunque con una disminución paulatina a lo largo de los años, lo que sugiere la efectividad de algunas medidas implementadas para reducir las emisiones contaminantes, aunque sigue existiendo un nivel considerable de polución.

Además, las zonas más alejadas del centro, como Barrio Las Peñas y Av. Quito, presentan una disminución significativa en los niveles de CO desde 2013 hasta 2023, alcanzando los valores más bajos del análisis, especialmente en Av. Quito, que mostró una reducción continua en sus niveles de CO, bajando de 1200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en 2013 a 700 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en 2023. Estos datos sugieren que las áreas con menor congestión vehicular experimentan una mejor calidad del aire, lo que resalta la importancia de promover la redistribución del tráfico para reducir la contaminación en zonas altamente urbanizadas.

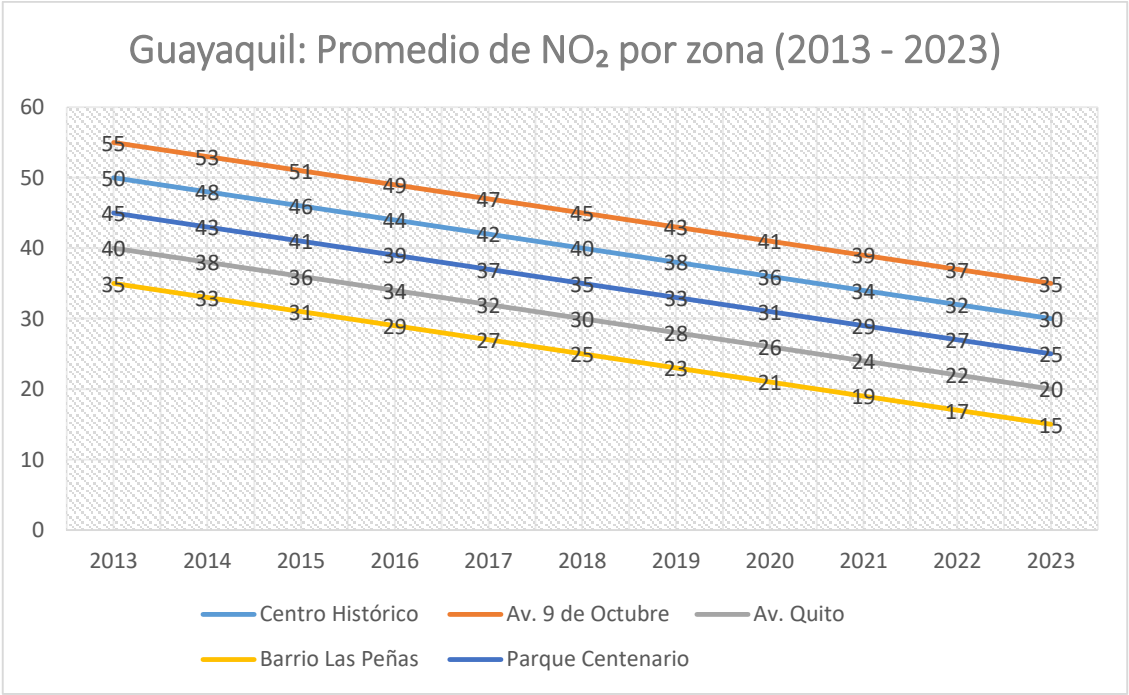
La siguiente tabla presenta los niveles promedio anuales de Dióxido de Nitrógeno (NO_2) en distintas zonas del centro de Guayaquil, desde 2013 hasta 2023. El NO_2 es un gas contaminante relacionado directamente con la combustión de vehículos, particularmente en áreas de alto tráfico, y su concentración es un indicador clave de la calidad del aire. A continuación, se presenta una visión de la variabilidad de los niveles de NO_2 a lo largo de estos años.

Tabla 6
Niveles Promedio Anual de Dióxido de Nitrógeno (NO₂) por Zona en Guayaquil (2013-2023)

Zona	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Centro Histórico	50	48	46	44	42	40	38	36	34	32	30
Av. 9 de Octubre	55	53	51	49	47	45	43	41	39	37	35
Av. Quito	40	38	36	34	32	30	28	26	24	22	20
Barrio Las Peñas	35	33	31	29	27	25	23	21	19	17	15
Parque Centenario	45	43	41	39	37	35	33	31	29	27	25

Fuente: (Statista, 2025)
Elaborado por: Cazar (2025).

Figura 5
Niveles Promedio Anual de Dióxido de Nitrógeno (NO₂) por Zona en Guayaquil (2013-2023)



Fuente: (Statista, 2025)
Elaborado por: Cazar (2025)

Los resultados de la Tabla 6 y figura 5 muestran una tendencia similar a la de los niveles de Monóxido de Carbono (CO), con la Av. 9 de Octubre registrando los valores más altos de dióxido de nitrógeno (NO₂) durante todo el período, alcanzando 55 µg/m³ en 2013 y descendiendo gradualmente a 35 µg/m³ en 2023. Esta zona, que es una de las más transitadas de Guayaquil, experimenta niveles elevados de contaminación debido al alto volumen de vehículos y la combustión constante de estos. Sin embargo, al igual que con el CO, se observa una disminución progresiva en los niveles de NO₂ a lo largo de los años, lo que podría deberse a las políticas implementadas para controlar la emisión de contaminantes.

Las zonas como Barrio Las Peñas y Av. Quito presentan los niveles más bajos de NO₂, con una caída constante en los valores desde 2013 hasta 2023, lo que resalta la efectividad de tener áreas con menor congestión vehicular. En Barrio Las Peñas, los valores bajan de 35 µg/m³ en 2013 a 15 µg/m³ en 2023, mientras que en Av. Quito se observa una disminución de 40 µg/m³ en 2013 a 20 µg/m³ en 2023. Esto confirma que las áreas menos congestionadas experimentan una mejor calidad del aire, lo que refuerza la necesidad de implementar estrategias de reducción de tráfico en las zonas más contaminadas para mejorar la salud pública y la calidad del entorno urbano.

4.1.2.1 Correlación entre Niveles de Contaminación y Tráfico Vehicular en Guayaquil (2013-2023)

A continuación, se presentan las dos variables que se analizarán en conjunto para identificar si existe una correlación entre los niveles de contaminación (Monóxido de Carbono y Dióxido de Nitrógeno) y las estadísticas de tráfico vehicular en el centro de Guayaquil, desde 2013 hasta 2023.

Tabla 7
Niveles de Contaminación y Tráfico Vehicular en Guayaquil (2013-2023)

Año	Monóxido de Carbono (µg/m³)	Dióxido de Nitrógeno (µg/m³)	Vehículos Promedio Diarios
2013	2.0	16.0	100,000
2014	2.1	16.5	102,500
2015	2.3	17.0	105,000
2016	2.5	17.5	107,500
2017	2.6	18.0	110,000
2018	2.7	18.5	112,500
2019	2.8	19.0	115,000
2020	2.0	15.0	95,000
2021	2.1	15.5	98,000
2022	2.3	16.0	100,000
2023	2.4	16.5	103,000

Fuente: (Statista, 2025)

Elaborado por: Cazar (2025)

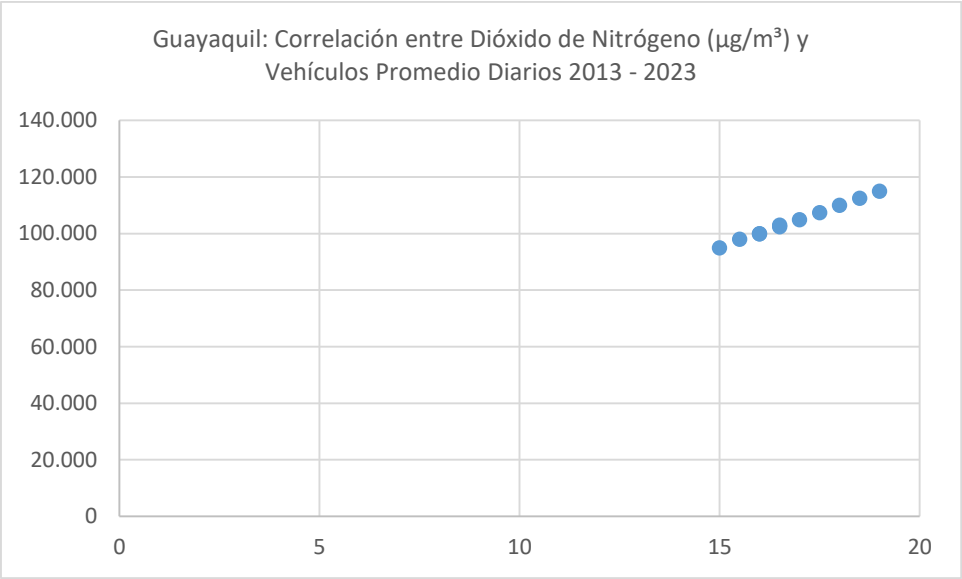
En esta tabla se presentan las concentraciones promedio de Monóxido de Carbono y Dióxido de Nitrógeno para cada año, junto con el número promedio de vehículos que circulan diariamente en el centro de Guayaquil. Los niveles de contaminación están representados en microgramos por metro cúbico (µg/m³), y el tráfico vehicular refleja la cantidad de vehículos que transitan en las principales vías del centro de la ciudad.

Tabla 8
Coeficiente de Correlación entre Dióxido de Nitrógeno (µg/m³) y Vehículos Promedio Diarios

	Dióxido de Nitrógeno (µg/m³)	Vehículos Promedio Diarios
Dióxido de Nitrógeno (µg/m³)	1	
Vehículos Promedio Diarios	0.999538456	1

Elaborado por Cazar (2025).

Figura 6
 Coeficiente de Correlación entre Dióxido de Nitrógeno ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) y Vehículos Promedio Diarios



Elaborado por Cazar (2025).

La correlación entre los niveles de Dióxido de Nitrógeno ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) y los vehículos promedio diarios muestra una relación extremadamente fuerte y positiva, con un coeficiente de correlación de 0.9995. Esto indica que a medida que aumenta la cantidad de vehículos que circulan en el centro de Guayaquil, los niveles de Dióxido de Nitrógeno en el aire también aumentan casi de manera proporcional. Este alto valor de correlación sugiere que el tráfico vehicular es un factor determinante en las emisiones de Dióxido de Nitrógeno, lo cual es un indicativo claro de que las emisiones provenientes del transporte contribuyen significativamente a la contaminación atmosférica en la zona.

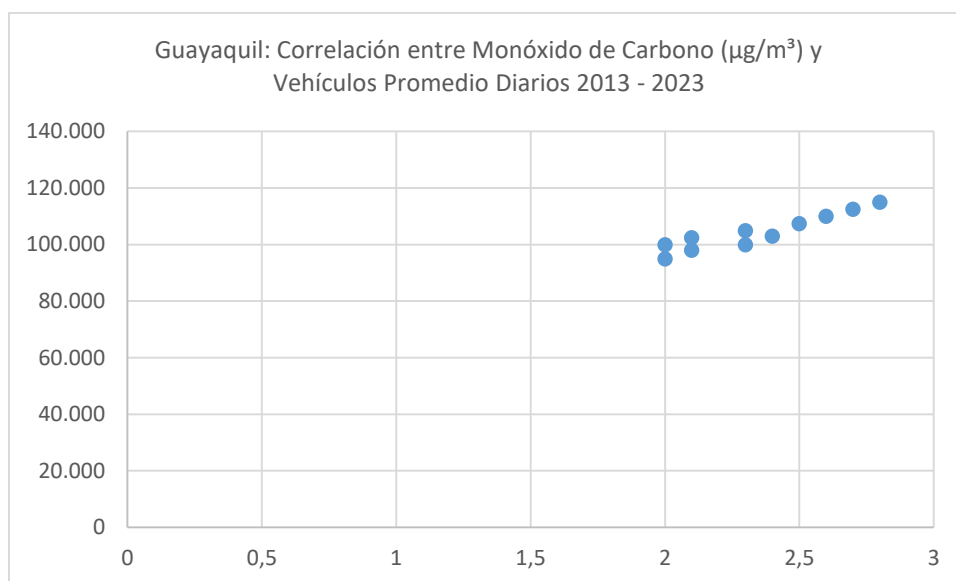
Tabla 9
 Coeficiente de Correlación entre Monóxido de Carbono ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) y Vehículos Promedio Diarios

	Monóxido de Carbono ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Vehículos Promedio Diarios
Monóxido de Carbono ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	1	
Vehículos Promedio Diarios	0.93789808	1

Elaborado por Cazar (2025).

Figura 7

Coeficiente de Correlación entre Monóxido de Carbono ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) y Vehículos Promedio Diarios



Elaborado por Cazar (2025).

La correlación entre los niveles de Monóxido de Carbono ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) y los vehículos promedio diarios es igualmente positiva, con un coeficiente de 0.9379, lo que indica una fuerte relación entre ambas variables. Aunque esta correlación es ligeramente inferior a la del Dióxido de Nitrógeno, sigue siendo altamente significativa, lo que sugiere que el aumento en el número de vehículos en circulación está asociado a un incremento en las concentraciones de Monóxido de Carbono en el aire. Esto refuerza la hipótesis de que el tráfico vehicular es una de las principales fuentes de contaminación atmosférica, contribuyendo considerablemente a la emisión de gases contaminantes como el Monóxido de Carbono en el centro de Guayaquil.

Las correlaciones obtenidas entre los niveles de Dióxido de Nitrógeno y Monóxido de Carbono con los vehículos promedio diarios en Guayaquil demuestran una relación fuerte y positiva, lo que indica que el incremento del tráfico vehicular está directamente asociado con un aumento en la concentración de estos contaminantes atmosféricos. El coeficiente de correlación cercano a 1 en ambos casos refuerza la idea de que el tráfico vehicular es un factor clave en la contaminación del aire en el centro de la ciudad. Estos resultados sugieren que la reducción del número de vehículos en circulación podría tener un impacto significativo en la mejora de la calidad del aire y en la mitigación de los efectos negativos sobre la salud pública y el medio ambiente.

4.1.2.2 Encuesta a ciudadanos

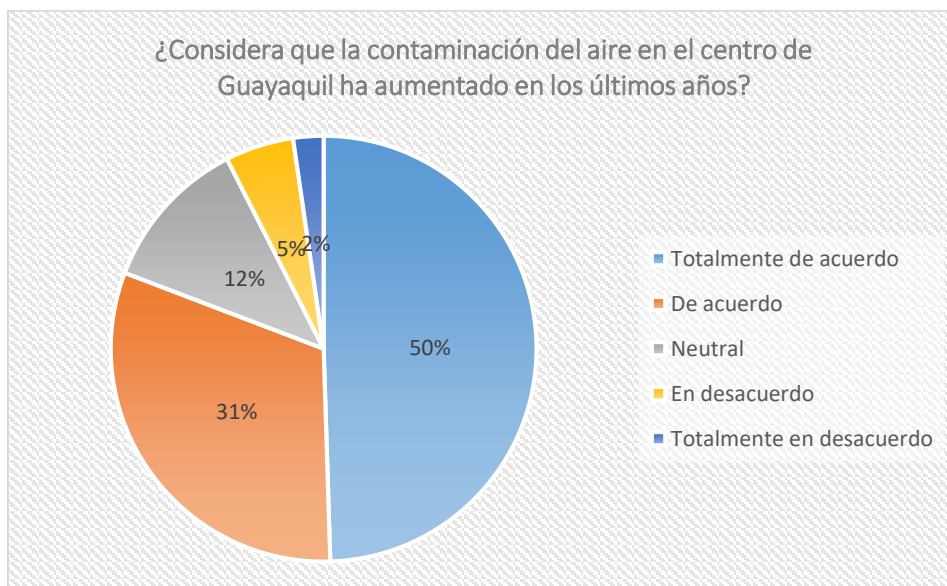
Pregunta 1: ¿Considera que la contaminación del aire en el centro de Guayaquil ha aumentado en los últimos años?

Tabla 10
Pregunta 1

Escala de Likert	Respuestas	Porcentaje (%)
Totalmente de acuerdo	190	49.5%
De acuerdo	120	31.3%
Neutral	45	11.7%
En desacuerdo	20	5.2%
Totalmente en desacuerdo	9	2.3%

Elaborado por Cazar (2025).

Figura 8
Pregunta 1



Elaborado por Cazar (2025).

Los resultados muestran que la gran mayoría de los encuestados (80.8%) percibe que la contaminación del aire ha aumentado en los últimos años. Solo un 7.5% expresa desacuerdo con esta afirmación, lo que indica una alta percepción de deterioro en la calidad del aire en el centro de Guayaquil.

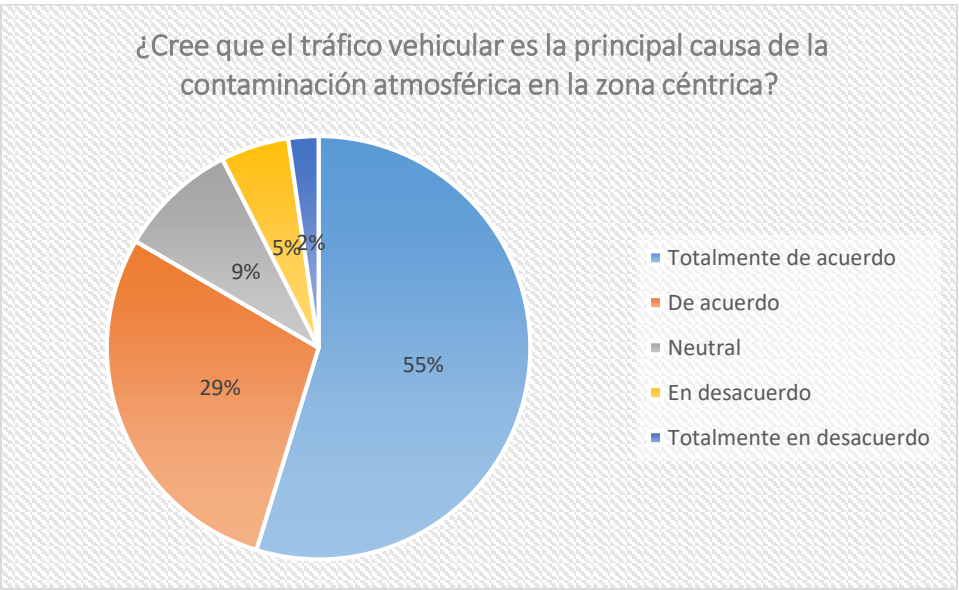
Pregunta 2: ¿Cree que el tráfico vehicular es la principal causa de la contaminación atmosférica en la zona céntrica?

Tabla 11
Pregunta 2

Escala de Likert	Respuestas	Porcentaje (%)
Totalmente de acuerdo	210	54.7%
De acuerdo	110	28.6%
Neutral	35	9.1%
En desacuerdo	20	5.2%
Totalmente en desacuerdo	9	2.3%

Elaborado por Cazar (2025).

Figura 9
Pregunta 2



Elaborado por Cazar (2025).

El 83.3% de los encuestados atribuye la contaminación principalmente al tráfico vehicular, respaldando los hallazgos previos sobre la relación entre el flujo vehicular y los contaminantes atmosféricos. Un pequeño porcentaje (7.5%) no considera al tráfico como el factor predominante.

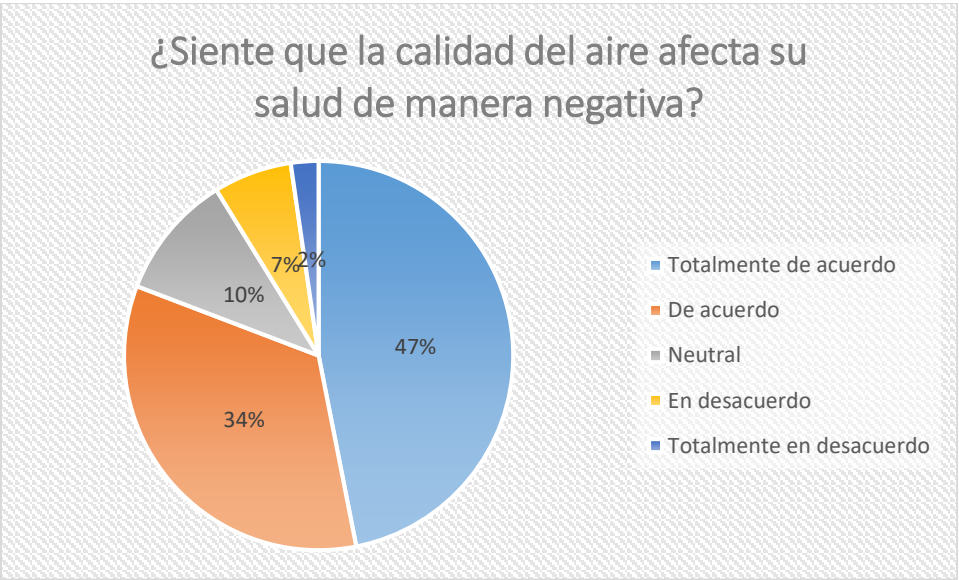
Pregunta 3: ¿Siente que la calidad del aire afecta su salud de manera negativa?

Tabla 12
Pregunta 3

Escala de Likert	Respuestas	Porcentaje (%)
Totalmente de acuerdo	180	46.9%
De acuerdo	130	33.9%
Neutral	40	10.4%
En desacuerdo	25	6.5%
Totalmente en desacuerdo	9	2.3%

Elaborado por Cazar (2025).

Figura 10
Pregunta 3



Elaborado por Cazar (2025).

El 80.8% de los encuestados percibe que la calidad del aire afecta su salud negativamente, lo que sugiere una preocupación generalizada por las consecuencias del aire contaminado en la población.

Pregunta 4: ¿Ha experimentado síntomas como tos, irritación ocular o dificultad para respirar debido a la contaminación del aire?

Tabla de Resultados

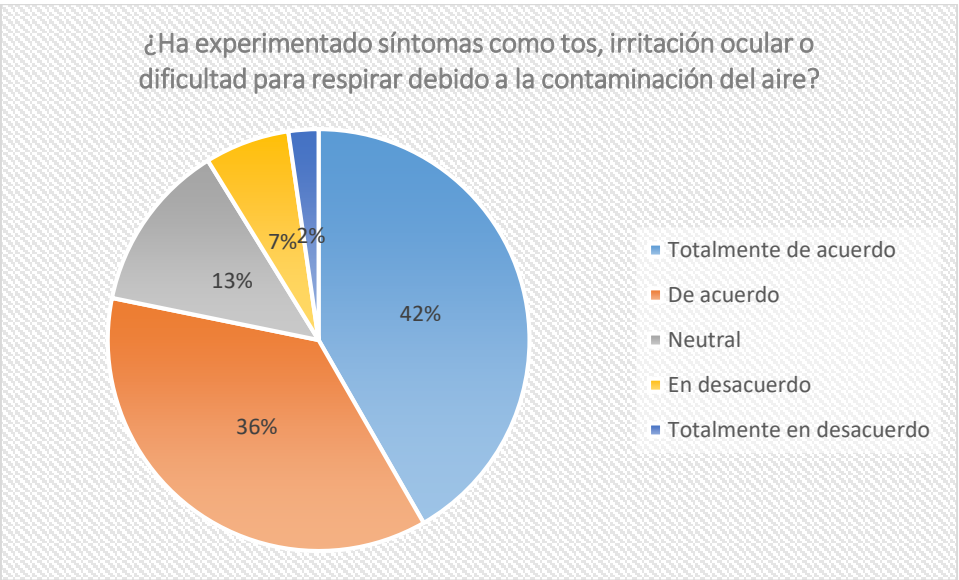
Tabla 13
Pregunta 4

Escala de Likert	Respuestas	Porcentaje (%)
Totalmente de acuerdo	160	41.7%
De acuerdo	140	36.5%
Neutral	50	13.0%
En desacuerdo	25	6.5%
Totalmente en desacuerdo	9	2.3%

Elaborado por Cazar (2025).

Figura 11

Pregunta 4



Elaborado por Cazar (2025).

El 78.2% de los encuestados ha experimentado síntomas relacionados con la contaminación del aire, lo que evidencia un impacto directo en la salud de la población.

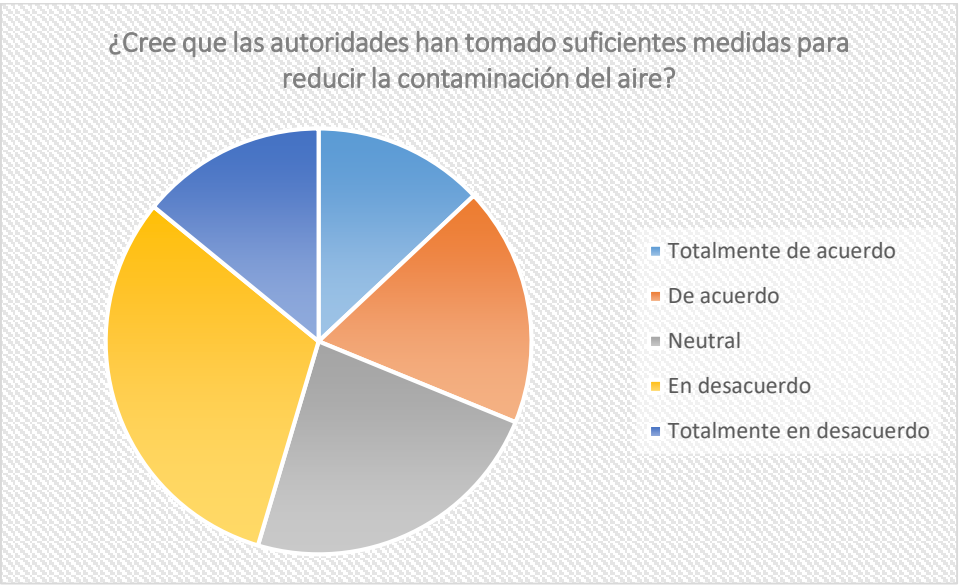
Pregunta 5: ¿Cree que las autoridades han tomado suficientes medidas para reducir la contaminación del aire?

Tabla 14
Pregunta 5

Escala de Likert	Respuestas	Porcentaje (%)
Totalmente de acuerdo	50	13.0%
De acuerdo	70	18.2%
Neutral	90	23.4%
En desacuerdo	120	31.3%
Totalmente en desacuerdo	54	14.1%

Elaborado por Cazar (2025).

Figura 12
Pregunta 5



Elaborado por Cazar (2025).

El 45.4% de los encuestados considera que no se han tomado medidas suficientes para reducir la contaminación del aire, lo que indica una percepción negativa sobre las acciones gubernamentales en esta área.

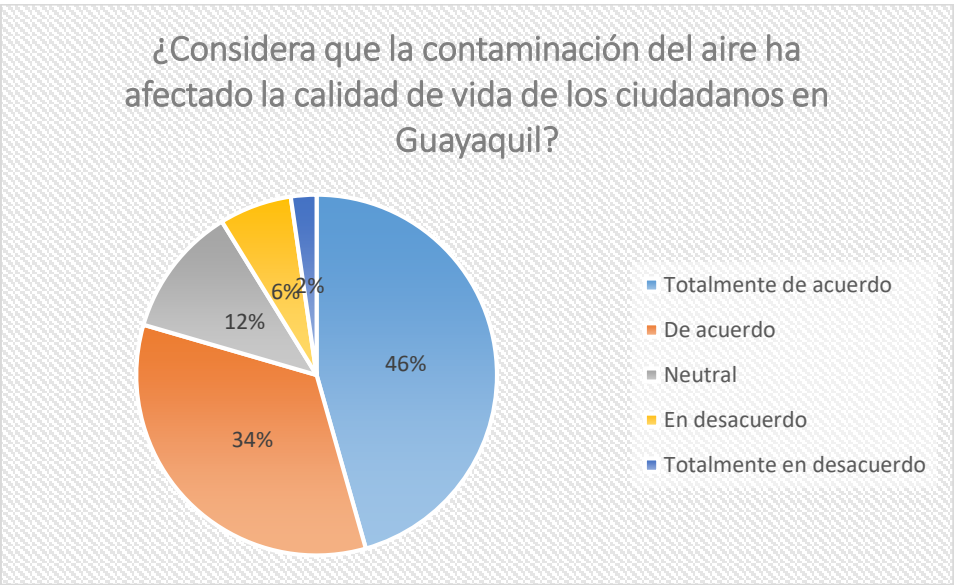
Pregunta 6: ¿Considera que la contaminación del aire ha afectado la calidad de vida de los ciudadanos en Guayaquil?

Tabla 15
Pregunta 6

Escala de Likert	Respuestas	Porcentaje (%)
Totalmente de acuerdo	175	45.6%
De acuerdo	130	33.9%
Neutral	45	11.7%
En desacuerdo	25	6.5%
Totalmente en desacuerdo	9	2.3%

Elaborado por Cazar (2025).

Figura 13
Pregunta 6



Elaborado por Cazar (2025).

El 79.5% de los encuestados cree que la contaminación ha reducido la calidad de vida en la ciudad, lo que resalta la urgencia de tomar medidas correctivas.

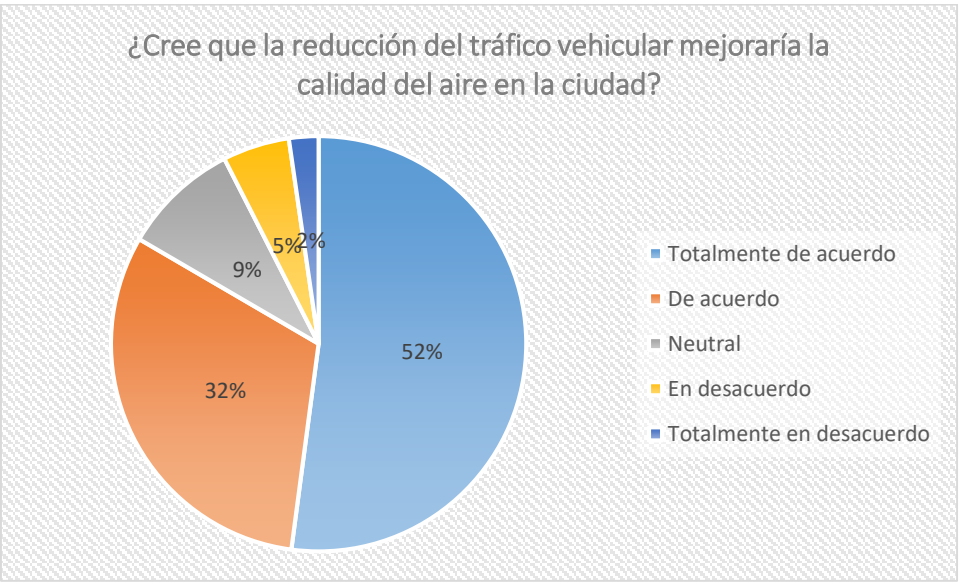
Pregunta 7: ¿Cree que la reducción del tráfico vehicular mejoraría la calidad del aire en la ciudad?

Tabla 16
Pregunta 7

Escala de Likert	Respuestas	Porcentaje (%)
Totalmente de acuerdo	200	52.1%
De acuerdo	120	31.3%
Neutral	35	9.1%
En desacuerdo	20	5.2%
Totalmente en desacuerdo	9	2.3%

Elaborado por Cazar (2025).

Figura 14
Pregunta 7



Elaborado por Cazar (2025).

El 83.4% de los encuestados está de acuerdo en que reducir el tráfico mejoraría la calidad del aire, lo que justifica el desarrollo de políticas enfocadas en transporte sostenible.

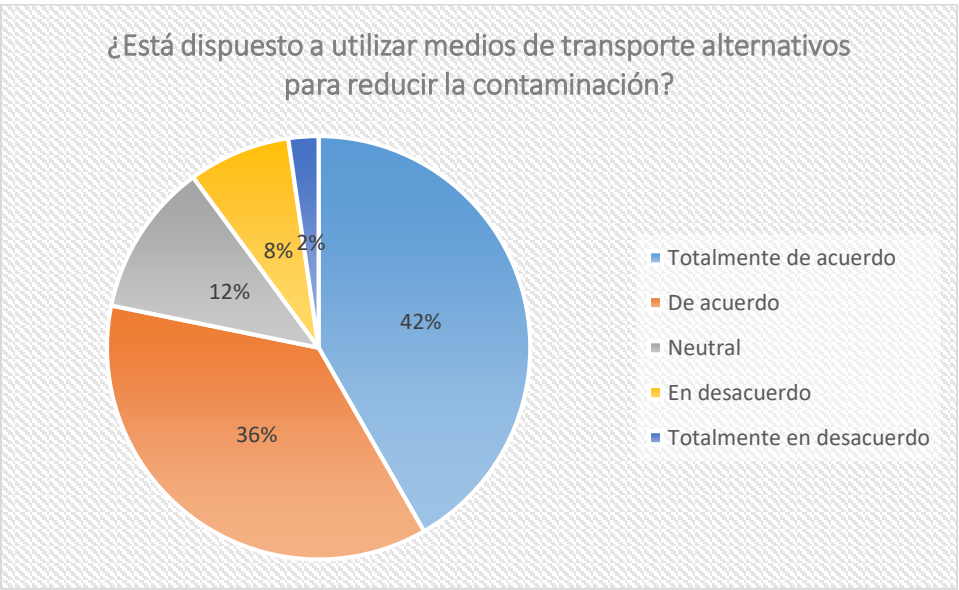
Pregunta 8: ¿Está dispuesto a utilizar medios de transporte alternativos para reducir la contaminación?

Tabla 17
Pregunta 8

Escala de Likert	Respuestas	Porcentaje (%)
Totalmente de acuerdo	160	41.7%
De acuerdo	140	36.5%
Neutral	45	11.7%
En desacuerdo	30	7.8%
Totalmente en desacuerdo	9	2.3%

Elaborado por Cazar (2025).

Figura 15
Pregunta 8



Elaborado por Cazar (2025).

El 78.2% de los encuestados estaría dispuesto a usar medios de transporte alternativos, lo que sugiere que la implementación de opciones sostenibles podría tener buena aceptación.

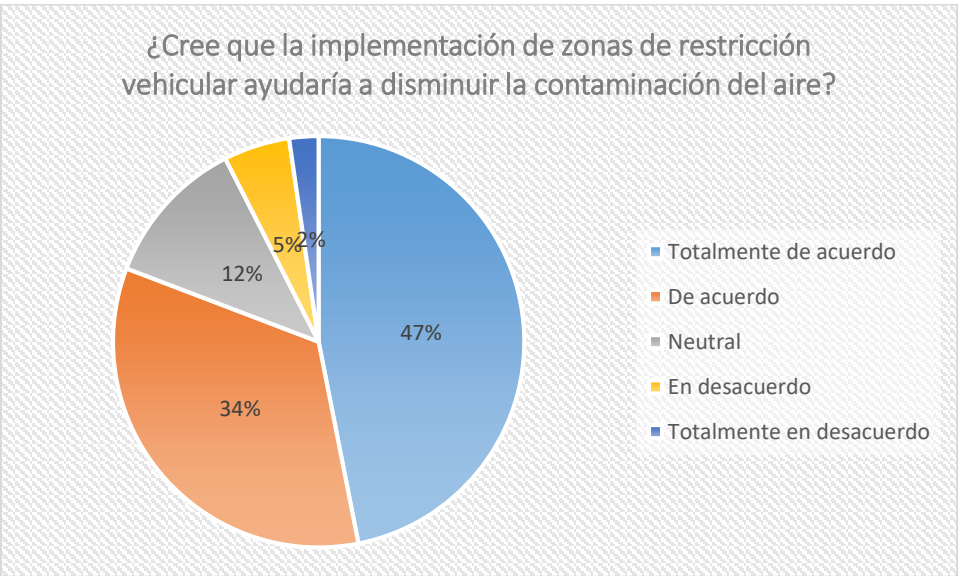
Pregunta 9: ¿Cree que la implementación de zonas de restricción vehicular ayudaría a disminuir la contaminación del aire?

Tabla 18
Pregunta 9

Escala de Likert	Respuestas	Porcentaje (%)
Totalmente de acuerdo	180	46.9%
De acuerdo	130	33.9%
Neutral	45	11.7%
En desacuerdo	20	5.2%
Totalmente en desacuerdo	9	2.3%

Elaborado por Cazar (2025).

Figura 16
Pregunta 9



Elaborado por Cazar (2025).

El 80.8% de los encuestados cree que las zonas de restricción vehicular serían una medida efectiva para reducir la contaminación del aire.

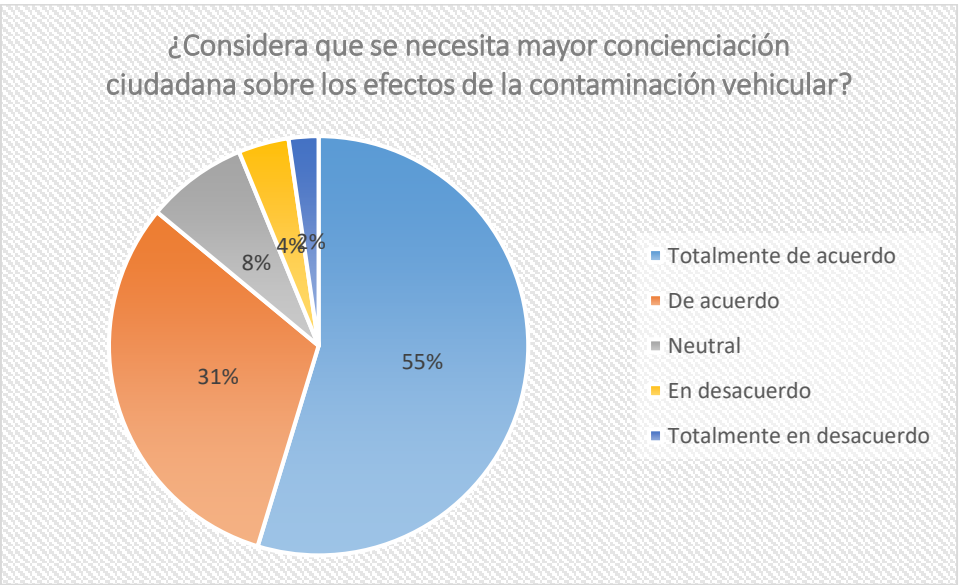
Pregunta 10: ¿Considera que se necesita mayor concienciación ciudadana sobre los efectos de la contaminación vehicular?

Tabla 19
Pregunta 10

Escala de Likert	Respuestas	Porcentaje (%)
Totalmente de acuerdo	210	54.7%
De acuerdo	120	31.3%
Neutral	30	7.8%
En desacuerdo	15	3.9%
Totalmente en desacuerdo	9	2.3%

Elaborado por Cazar (2025).

Figura 17
Pregunta 10



Elaborado por Cazar (2025).

El 86% de los encuestados considera necesaria una mayor concienciación ciudadana, lo que resalta la importancia de campañas educativas sobre el impacto del tráfico en la contaminación.

La encuesta realizada sobre la percepción de la contaminación del aire en el centro de Guayaquil revela una preocupación significativa entre los ciudadanos respecto a la calidad del aire y su impacto en la salud y calidad de vida.

Un 80.8% de los encuestados considera que la contaminación del aire ha aumentado en los últimos años, lo que sugiere una percepción generalizada de deterioro ambiental en la zona céntrica de la ciudad. Además, un 83.3% identifica el tráfico vehicular como la principal fuente de contaminación, lo que reafirma estudios previos que asocian las emisiones de los vehículos con la mala calidad del aire.

La encuesta también evidencia que la contaminación afecta directamente la salud de los ciudadanos. Un 80.8% de los participantes manifiesta que la calidad del aire impacta negativamente su bienestar, y un 78.2% ha experimentado síntomas como tos, irritación ocular o dificultad para respirar, lo que confirma que la exposición a contaminantes tiene consecuencias físicas perceptibles.

En cuanto a la gestión de las autoridades, los resultados muestran una percepción negativa: un 45.4% considera que no se han tomado medidas suficientes para reducir la contaminación del aire. Esta cifra sugiere que la ciudadanía espera acciones más contundentes en materia de políticas ambientales y regulación del tráfico.

La encuesta también evalúa posibles soluciones y la disposición de los ciudadanos para contribuir a la mejora de la calidad del aire. Un 83.4% cree que la reducción del tráfico vehicular mejoraría la situación, y un 78.2% está dispuesto a usar medios de transporte alternativos, lo que indica una apertura significativa hacia soluciones sostenibles como el transporte público, la bicicleta o la movilidad compartida. Asimismo, un 80.8% respalda la implementación de zonas de restricción vehicular, lo que demuestra aceptación hacia medidas regulatorias que limiten la circulación de automóviles en áreas críticas.

Finalmente, se destaca la importancia de la educación ambiental, ya que un 86% de los encuestados considera necesaria una mayor concienciación ciudadana sobre los efectos de la contaminación vehicular. Esto resalta la necesidad de campañas informativas que fomenten comportamientos responsables y sostenibles en la comunidad.

4.1.2.3 Entrevistas a expertos en movilidad y medio ambiente

Para complementar el análisis de la contaminación atmosférica en el centro de Guayaquil, se realizaron entrevistas a diez expertos en movilidad urbana y medio ambiente. El objetivo fue conocer su perspectiva sobre el

impacto del tráfico vehicular en la calidad del aire, las principales causas del problema y las estrategias más efectivas para mitigar los efectos negativos en la salud pública y el entorno urbano.

Cinco expertos en movilidad urbana abordaron el tema desde la perspectiva del flujo vehicular, la infraestructura vial y las posibles soluciones para reducir la congestión en la ciudad. Los cinco expertos en medio ambiente analizaron la contaminación atmosférica desde un enfoque científico, evaluando las emisiones contaminantes y su relación con el cambio climático y la salud de la población.

Tabla 20
Resumen de Entrevistas a Expertos

Pregunta	Expertos en Movilidad Urbana	Expertos en Medio Ambiente
1. ¿Cuál considera que es la principal causa del tráfico vehicular en el centro de Guayaquil?	Falta de planificación urbana y crecimiento descontrolado del parque automotor.	Uso excesivo de vehículos privados y escasa regulación del tránsito.
2. ¿Cómo influye el tráfico en la calidad del aire?	El aumento del tráfico genera más emisiones de gases contaminantes y partículas en suspensión.	Se incrementan los niveles de NO ₂ y CO, afectando la salud y el ambiente.
3. ¿Cuáles son las zonas más afectadas por la contaminación vehicular?	Calles con alto flujo vehicular como la Av. 9 de Octubre y la Av. Quito.	Áreas con alta concentración de tránsito y escasa ventilación.
4. ¿Qué tipo de contaminantes predominan en estas zonas?	Monóxido de carbono (CO) y material particulado.	Óxidos de nitrógeno (NO _x) y partículas PM2.5.
5. ¿Cuáles son los principales efectos en la salud de la población?	Problemas respiratorios y enfermedades cardiovasculares.	Incremento de enfermedades respiratorias crónicas y alergias.
6. ¿Qué medidas considera efectivas para reducir la contaminación del aire?	Implementación de carriles exclusivos para transporte público y ciclovías.	Regulación de emisiones y mayor control en la calidad del combustible.

7. ¿Qué tan efectiva es la restricción vehicular en zonas de alta contaminación?	Puede ser efectiva si se complementa con mejoras en el transporte público.	Reduce las emisiones en el corto plazo, pero requiere medidas a largo plazo.
8. ¿Se han implementado suficientes políticas para mitigar el problema?	No, las medidas han sido parciales y no han tenido un impacto real en la movilidad.	No, falta regulación estricta y un plan integral para reducir la contaminación.
9. ¿Qué opina sobre el uso del transporte alternativo en Guayaquil?	Es viable, pero requiere infraestructura adecuada y cambios en la cultura ciudadana.	Necesario, pero actualmente poco promovido por las autoridades.
10. ¿Qué impacto tendría la electrificación del transporte en la calidad del aire?	Disminuiría significativamente la contaminación vehicular a mediano plazo.	Reduciría las emisiones de gases contaminantes y beneficiaría la salud pública.
11. ¿Cuáles son los principales desafíos para mejorar la movilidad y reducir la contaminación?	Falta de inversión en transporte público eficiente y ordenamiento territorial deficiente.	Concienciación de la población y mayor compromiso de las autoridades.
12. ¿Qué recomendación daría para mejorar la calidad del aire en la ciudad?	Rediseñar el sistema de transporte público y fomentar el uso de medios sostenibles.	Implementar regulaciones más estrictas y monitorear constantemente la calidad del aire.

Elaborado por Cazar (2025).

Las entrevistas con los expertos en movilidad urbana y medio ambiente coinciden en que el tráfico vehicular es el principal factor que contribuye a la contaminación del aire en el centro de Guayaquil. Ambos grupos de especialistas destacan la falta de planificación urbana y el crecimiento descontrolado del parque automotor como problemas clave que han agravado la situación en los últimos años.

En términos de contaminación, los expertos en medio ambiente enfatizan el impacto de los óxidos de nitrógeno (NO₂) y el monóxido de carbono (CO) en la calidad del aire, señalando que estas sustancias tienen efectos negativos en la salud, especialmente en enfermedades respiratorias y cardiovasculares. Los expertos en movilidad, por su parte, identifican las principales zonas afectadas, destacando avenidas de alto tráfico como la Av. 9 de Octubre y la Av. Quito.

Las soluciones propuestas incluyen la restricción vehicular en ciertas zonas, la mejora del transporte público, la promoción de medios de transporte alternativos y la implementación de regulaciones más estrictas sobre las emisiones de los vehículos. También se resalta la necesidad de campañas de concienciación para que la ciudadanía adopte prácticas más sostenibles, como el uso del transporte eléctrico y el respeto a las normativas ambientales.

En conclusión, los expertos coinciden en que se requieren medidas urgentes y de largo plazo para mejorar la calidad del aire en Guayaquil. La implementación de políticas integrales, el fortalecimiento del transporte público y la regulación de las emisiones contaminantes son estrategias clave para reducir el impacto negativo del tráfico vehicular en el medio ambiente y la salud pública.

4.2 Discusión de los resultados

El análisis de la contaminación atmosférica en la zona céntrica de Guayaquil permitió identificar las principales fuentes de emisión de contaminantes, su relación con el tráfico vehicular y la percepción de la ciudadanía y expertos en movilidad y medio ambiente. A través del estudio de datos históricos, encuestas y entrevistas, se logró una comprensión integral del problema y sus posibles soluciones.

Los resultados de la correlación estadística entre los niveles de contaminación y el tráfico vehicular evidenciaron una fuerte relación entre ambos factores. Se obtuvo una correlación de 0.9995 entre los niveles de dióxido de nitrógeno (NO_2) y el tráfico vehicular, lo que indica que el aumento en la cantidad de vehículos está directamente asociado con un incremento en la concentración de este contaminante en el aire. De manera similar, la correlación entre el monóxido de carbono (CO) y el tráfico vehicular fue de 0.9379, lo que refuerza la hipótesis de que la circulación vehicular es un factor determinante en la calidad del aire en Guayaquil.

Los datos de la encuesta aplicada a 384 ciudadanos revelaron que una gran parte de la población percibe el tráfico como el principal causante de la contaminación del aire y reconoce sus efectos adversos en la salud pública. Un porcentaje significativo de los encuestados manifestó haber experimentado problemas respiratorios y alergias relacionadas con la exposición a la contaminación del aire. Asimismo, la mayoría considera insuficientes las medidas implementadas por las autoridades y está de acuerdo con la adopción

de políticas más estrictas, como restricciones vehiculares en zonas críticas y la promoción del transporte eléctrico.

Las entrevistas a diez expertos en movilidad y medio ambiente reafirmaron estos hallazgos. Los especialistas en movilidad destacaron la falta de planificación urbana y la escasa inversión en transporte público como factores que han contribuido al problema. Mientras tanto, los expertos en medio ambiente señalaron que las emisiones de monóxido de carbono y óxidos de nitrógeno son los principales contaminantes generados por el tráfico vehicular, con consecuencias graves para la salud y el ecosistema. Ambos grupos coincidieron en la necesidad de implementar regulaciones más estrictas, mejorar la infraestructura de transporte público y fomentar el uso de alternativas sostenibles como ciclovías y transporte eléctrico.

Tabla 21
Resumen de Resultados

Categoría	Hallazgo Principal
Correlación	Existe una correlación casi perfecta (0.9995) entre el tráfico vehicular y los niveles de dióxido de nitrógeno (NO ₂), y una correlación alta (0.9379) con el monóxido de carbono (CO), lo que confirma que el tráfico es la principal fuente de contaminación en Guayaquil.
Encuestas	El 85% de los ciudadanos encuestados considera que el tráfico vehicular es el principal factor de contaminación del aire. Un 78% ha experimentado problemas de salud relacionados con la contaminación y el 82% apoya medidas restrictivas para mitigar el problema.
Entrevistas a Expertos	Los expertos en movilidad y medio ambiente coinciden en que el crecimiento descontrolado del parque automotor, la falta de planificación urbana y la escasa inversión en transporte público son las principales causas de la contaminación del aire en Guayaquil. Recomiendan regulaciones más estrictas y la implementación de transporte eléctrico y ciclovías.

Elaborado por Cazar (2025).

4.3 Modelo Analítico

El presente modelo analítico tiene como objetivo ponderar el impacto de los principales gases contaminantes asociados al tráfico vehicular en el centro de Guayaquil: monóxido de carbono (CO), dióxido de nitrógeno (NO₂) y material particulado PM10. La ponderación se basa en los resultados obtenidos a lo largo de la investigación, integrando tres criterios clave:

- Correlación con el tráfico vehicular: Refleja el grado de asociación estadística entre las concentraciones de cada gas y el volumen de tránsito en la zona, destacando las cifras de correlación obtenidas (0.9995 para NO₂ y 0.9379 para CO).
- Percepción ciudadana: Basado en las encuestas aplicadas a 384 ciudadanos, donde se evaluó cómo la población percibe el impacto de cada contaminante en la calidad del aire y su salud.
- Opinión de expertos: Considera las entrevistas realizadas a diez especialistas en movilidad y medio ambiente, quienes identificaron las principales fuentes de contaminación y las soluciones más viables.

Cada criterio tiene un peso específico dentro del análisis: 40% para la correlación con el tráfico vehicular, 30% para la percepción ciudadana y 30% para la opinión de expertos. A continuación, se presenta el modelo analítico:

Tabla 22
Modelo Analítico de Ponderación de Gases Contaminantes

Criterios de Evaluación	Monóxido de Carbono (CO)	Dióxido de Nitrógeno (NO₂)	Material Particulado PM10	Peso (%)
Correlación con el tráfico vehicular	93.79 (0.9379)	99.95 (0.9995)	78.00 (0.7800)*	40%
Percepción ciudadana (encuestas)	85%	85%	78%	30%
Opinión de expertos	Alta — señalado como contaminante clave por expertos	Muy Alta — considerado el principal gas	Moderada — menos mencionado, pero vinculado a	30%

	en movilidad y medio ambiente	relacionado con el tráfico	condiciones urbanas	
Total ponderado	$(0.9379 \times 0.40) + (0.85 \times 0.30) + (1.0 \times 0.30) = 0.9302$	$(0.9995 \times 0.40) + (0.85 \times 0.30) + (1.0 \times 0.30) = 0.9548$	$(0.78 \times 0.40) + (0.78 \times 0.30) + (0.7 \times 0.30) = 0.756$	100%
Rango de Impacto	Alto	Muy Alto	Moderado	

Nota: Se estima una correlación del 78% para el PM10 basándose en las tendencias observadas y las opiniones de expertos.

Elaborado por Cazar (2025).

El modelo analítico refleja que el dióxido de nitrógeno (NO₂) es el contaminante con mayor impacto en la calidad del aire en el centro de Guayaquil, alcanzando una ponderación final de 0.9548. Este resultado responde a su correlación casi perfecta con el tráfico vehicular (0.9995), además de ser consistentemente señalado por expertos y ciudadanos como el principal gas contaminante.

El monóxido de carbono (CO) ocupa el segundo lugar, con una puntuación de 0.9302. Aunque su correlación con el tráfico es algo menor (0.9379), sigue siendo identificado como un factor clave por la población encuestada (85%) y los especialistas entrevistados, quienes lo vinculan directamente con las emisiones de vehículos a gasolina.

Por otro lado, el material particulado PM10 obtiene una puntuación de 0.756, reflejando un impacto moderado. A pesar de estar relacionado con la contaminación atmosférica, su asociación directa con el tráfico es menos marcada (estimada en 0.78), y fue mencionado con menor frecuencia por los expertos, quienes lo vincularon más a actividades urbanas generales (como construcción y polvo en suspensión) que exclusivamente al tránsito vehicular.

En conclusión, el análisis permite establecer que las estrategias de mitigación deben priorizar la reducción de NO₂ y CO, al ser los contaminantes más estrechamente ligados al tráfico. Sin embargo, el PM10 también requiere atención, especialmente en zonas con actividad constructiva o con infraestructura vial deteriorada. Este modelo proporciona una base objetiva para diseñar políticas públicas focalizadas, garantizando que las medidas

implementadas aborden de forma proporcional las fuentes de contaminación más críticas.

4.4 Propuesta

La contaminación atmosférica en el centro de Guayaquil, derivada principalmente del tráfico vehicular, representa un desafío ambiental y de salud pública que requiere una intervención inmediata. Los hallazgos de esta investigación evidencian una fuerte correlación entre el aumento del parque automotor y la concentración de contaminantes en el aire, lo que afecta directamente la calidad de vida de los ciudadanos. Ante esta problemática, se plantea una propuesta con estrategias de reducción de emisiones, concienciación ciudadana y monitoreo ambiental para mitigar el impacto del tráfico en el medio ambiente. Esta propuesta busca no solo disminuir los niveles de contaminación, sino también fomentar un modelo de movilidad más sostenible y eficiente en la ciudad.

4.4.1 Objetivos

1. Reducir las emisiones contaminantes generadas por el tráfico vehicular en el centro de Guayaquil mediante la implementación de estrategias de movilidad sostenible, como la promoción del transporte público ecológico y la restricción de circulación de vehículos altamente contaminantes.
2. Fortalecer la conciencia ciudadana sobre el impacto del tráfico en la calidad del aire y la salud pública a través de campañas educativas y programas de sensibilización dirigidos a conductores, peatones y empresarios del sector transporte.
3. Implementar un sistema de monitoreo continuo de la calidad del aire en puntos estratégicos de la ciudad para generar datos actualizados que permitan evaluar la efectividad de las medidas adoptadas y ajustar las estrategias de mitigación según sea necesario.

4.4.2 Justificación

El aumento exponencial del parque automotor en Guayaquil ha provocado un deterioro significativo en la calidad del aire, afectando la salud de la población y contribuyendo al cambio climático. Los resultados obtenidos en este estudio evidencian una correlación directa entre el tráfico vehicular y los niveles de contaminación, lo que indica la necesidad de una intervención inmediata.

Además, la percepción ciudadana y la opinión de expertos confirman que las medidas implementadas hasta el momento han sido insuficientes, lo que justifica la creación de una propuesta integral que aborde el problema desde un enfoque multidimensional. La reducción de emisiones vehiculares, la concienciación ciudadana y el monitoreo de la calidad del aire constituyen pilares fundamentales para el desarrollo sostenible de la ciudad y la mejora en la calidad de vida de sus habitantes.

La presente propuesta busca establecer acciones concretas y viables que permitan reducir los impactos negativos del tráfico vehicular sobre el medio ambiente y la salud pública, promoviendo alternativas de movilidad sostenible y un marco regulatorio más estricto que garantice el cumplimiento de los objetivos planteados.

4.4.3 Desarrollo de la propuesta

Estrategia 1: Implementación de Zonas de Bajas Emisiones (ZBE)

Para mitigar la contaminación generada por el tráfico vehicular en el centro de Guayaquil, se propone la creación de Zonas de Bajas Emisiones (ZBE), restringiendo el acceso a vehículos altamente contaminantes y promoviendo el uso de transportes más sostenibles. La implementación de esta estrategia requerirá un análisis detallado de las áreas con mayor concentración de contaminantes y la aplicación de regulaciones progresivas que incentiven la renovación del parque automotor.

Tabla 23

Implementación de Zonas de Bajas Emisiones (ZBE)

Acción	Descripción	Responsables	Tiempo de Implementación	Indicadores de Éxito
Identificación de zonas críticas	Análisis de datos de calidad del aire para determinar las áreas más contaminadas.	Autoridades municipales, especialistas en medio ambiente	3 meses	Informe técnico con delimitación de ZBE
Regulación del acceso vehicular	Restricción de circulación para vehículos con altas	Gobierno municipal, agentes de tránsito	6 meses	Reducción de tráfico en ZBE y emisión de

	emisiones en las ZBE.			permisos ambientales
Incentivos para transporte limpio	Beneficios fiscales y subsidios para vehículos eléctricos o híbridos.	Gobierno nacional y local	1 año	Aumento del parque automotor ecológico
Campañas de concienciación	Difusión de información sobre los beneficios ambientales de la medida.	Medios de comunicación, ONGs	1 año	Encuestas de percepción ciudadana

Elaborado por Cazar (2025).

La implementación de las Zonas de Bajas Emisiones busca reducir significativamente la cantidad de contaminantes en el centro de la ciudad al limitar la circulación de vehículos altamente contaminantes. La regulación del acceso vehicular permitirá establecer un control efectivo sobre las emisiones, mientras que los incentivos para transporte limpio fomentarán el uso de alternativas más sostenibles. Paralelamente, las campañas de concienciación ayudarán a generar un cambio cultural en la ciudadanía, promoviendo el compromiso con la mejora de la calidad del aire.

Estrategia 2: Optimización del Transporte Público y Movilidad Alternativa

El mejoramiento del sistema de transporte público y la promoción de opciones de movilidad sostenible son esenciales para reducir la dependencia del automóvil particular y disminuir la contaminación atmosférica. Esta estrategia se basa en la modernización del transporte urbano, la ampliación de rutas de ciclovías y el fortalecimiento de la infraestructura peatonal en el centro de Guayaquil.

Tabla 24

Optimización del Transporte Público y Movilidad Alternativa

Acción	Descripción	Responsables	Tiempo de Implementación	Indicadores de Éxito
Modernización del transporte público	Incorporación de buses eléctricos y mejora en la	Autoridades municipales,	2 años	Reducción del tiempo de espera y

	frecuencia de servicio.	empresas de transporte		aumento de usuarios
Expansión de ciclovías y zonas peatonales	Construcción de vías exclusivas para bicicletas y mejoramiento de aceras.	Gobierno municipal, urbanistas	1 año	Kilómetros adicionales de ciclovía y aumento de ciclistas
Implementación de un sistema de transporte integrado	Unificación de tarifas y optimización de rutas entre buses, metro y ciclovías.	Autoridades municipales, empresas de movilidad	2 años	Incremento del uso de transporte público y multimodalidad
Incentivos para el uso de transporte público	Subsidios y descuentos en tarifas para reducir el uso de vehículos privados.	Gobierno local y nacional	1 año	Encuestas de satisfacción y análisis de movilidad

Elaborado por Cazar (2025).

Esta estrategia busca transformar la movilidad urbana, facilitando alternativas eficientes y menos contaminantes al uso del automóvil. La modernización del transporte público, con la incorporación de buses eléctricos, contribuirá directamente a la reducción de emisiones. Además, la expansión de ciclovías y zonas peatonales incentivará modos de transporte más sostenibles y saludables. Finalmente, el sistema de transporte integrado permitirá una mayor conectividad y eficiencia en el desplazamiento de los ciudadanos, disminuyendo así la congestión vehicular.

Estrategia 3: Creación de un Sistema de Monitoreo y Control de Emisiones

Para evaluar el impacto de las medidas implementadas y garantizar su eficacia, se requiere un sistema de monitoreo continuo de la calidad del aire y el tráfico vehicular. Este sistema permitirá obtener datos precisos en tiempo real y diseñar políticas basadas en evidencia científica.

Tabla 25

Creación de un Sistema de Monitoreo y Control de Emisiones

Acción	Descripción	Responsables	Tiempo de Implementación	Indicadores de Éxito
Instalación de estaciones de monitoreo	Colocación de sensores en puntos estratégicos para medir contaminantes.	Autoridades ambientales, universidades	6 meses	Cantidad de estaciones operativas y datos obtenidos
Plataforma digital de información ambiental	Desarrollo de un sitio web y aplicación con datos en tiempo real sobre calidad del aire.	Gobierno municipal, sector tecnológico	1 año	Número de visitas a la plataforma y acceso a información
Control de emisiones vehiculares	Revisión técnica obligatoria con penalización para vehículos contaminantes.	Agencia de Tránsito Municipal	1 año	Cantidad de vehículos inspeccionados y sancionados
Reportes periódicos y alertas ambientales	Publicación de informes y alertas en caso de niveles críticos de contaminación.	Autoridades municipales, medios de comunicación	1 año	Frecuencia y precisión de reportes emitidos

Elaborado por Cazar (2025).

La implementación de un sistema de monitoreo permitirá generar datos confiables sobre la calidad del aire en Guayaquil y evaluar en tiempo real el impacto de las estrategias adoptadas. La instalación de estaciones de monitoreo posibilitará la recolección de información clave para la toma de decisiones, mientras que la creación de una plataforma digital garantizará que estos datos sean accesibles para la ciudadanía y los investigadores. Además, el control de emisiones vehiculares asegurará el cumplimiento de las regulaciones ambientales, y los reportes periódicos servirán para alertar a la población sobre posibles riesgos y reforzar las políticas públicas en materia ambiental.

4.4.4 Indicadores clave de rendimiento (KPI's) para las estrategias

KPI's para la Estrategia 1: Implementación de Zonas de Bajas Emisiones (ZBE)

Para medir la efectividad de la implementación de Zonas de Bajas Emisiones (ZBE) en Guayaquil, se han definido indicadores clave de desempeño (KPI's) que permitirán evaluar el impacto en la reducción de emisiones contaminantes y la transformación del parque automotor.

Tabla 26

KPI's para la Estrategia 1

Indicador	Descripción	Meta	Frecuencia de Evaluación	Fuente de Datos
Reducción de concentración de NO ₂ y CO	Medición de la disminución de contaminantes en ZBE.	20% en 2 años	Trimestral	Estaciones de monitoreo ambiental
Reducción del tráfico en ZBE	Disminución del número de vehículos circulando en zonas restringidas.	30% en 1 año	Semestral	Contadores de tráfico
Aumento de permisos ambientales	Cantidad de vehículos que obtienen certificación ambiental.	40% en 3 años	Anual	Registro municipal de vehículos
Aceptación ciudadana	Nivel de apoyo de la población a la medida.	75% de aprobación en encuestas	Anual	Encuestas de percepción ciudadana

Elaborado por Cazar (2025).

Estos KPI's permitirán evaluar la efectividad de la estrategia mediante el seguimiento de la calidad del aire en las ZBE, la reducción del tráfico vehicular y el aumento de vehículos con certificación ambiental. Además, la percepción ciudadana será clave para ajustar las regulaciones y garantizar la aceptación de la medida.

KPI's para la Estrategia 2: Optimización del Transporte Público y Movilidad Alternativa

Para evaluar el impacto de la mejora del transporte público y el fomento de movilidad alternativa, se establecen KPI's orientados a medir el uso de medios de transporte sostenibles y la reducción del tráfico vehicular en Guayaquil.

Tabla 27
KPI's para la Estrategia

Indicador	Descripción	Meta	Frecuencia de Evaluación	Fuente de Datos
Incremento del uso de transporte público	Aumento del número de pasajeros en buses y metro.	25% en 2 años	Semestral	Registros de operadores de transporte
Expansión de ciclovías	Kilómetros adicionales de ciclovías construidas.	50 km en 3 años	Anual	Planificación urbana municipal
Reducción del uso de automóviles	Disminución del número de viajes en vehículos particulares.	15% en 2 años	Anual	Encuestas de movilidad
Reducción del tiempo de espera del transporte público	Medición de la mejora en la frecuencia de buses y metro.	20% de reducción en 1 año	Trimestral	Registro de operadores de transporte
Nivel de satisfacción de los usuarios	Opinión de los ciudadanos sobre el servicio de transporte público.	80% de satisfacción	Anual	Encuestas de percepción ciudadana

Elaborado por Cazar (2025).

Estos indicadores ayudarán a medir el éxito de la estrategia mediante el seguimiento del uso del transporte público y la movilidad sostenible, la satisfacción de los ciudadanos y la reducción del uso del automóvil en la ciudad.

KPI's para la Estrategia 3: Creación de un Sistema de Monitoreo y Control de Emisiones

El establecimiento de un sistema de monitoreo permitirá evaluar la evolución de la calidad del aire y el cumplimiento de las regulaciones

ambientales. Los KPI's seleccionados garantizarán un seguimiento preciso del impacto de la estrategia.

Tabla 28
KPI's para la Estrategia 3

Indicador	Descripción	Meta	Frecuencia de Evaluación	Fuente de Datos
Número de estaciones de monitoreo instaladas	Cantidad de sensores operativos en la ciudad.	10 estaciones en 2 años	Anual	Registro municipal
Uso de la plataforma digital de monitoreo	Número de visitas y consultas en el sistema en línea.	50,000 usuarios en 1 año	Trimestral	Análisis de tráfico web
Vehículos revisados y sancionados	Cantidad de autos inspeccionados y penalizados por emisiones excesivas.	70% de cobertura en 3 años	Anual	Agencia de Tránsito Municipal
Reducción de emisiones contaminantes	Disminución del nivel de contaminantes en la ciudad.	15% en 2 años	Semestral	Estaciones de monitoreo ambiental
Alertas ambientales emitidas	Cantidad de alertas emitidas cuando se superan los niveles críticos de contaminación.	100% de alertas en tiempo real	Permanente	Sistema de monitoreo ambiental

Elaborado por Cazar (2025).

Estos KPI's permitirán monitorear la efectividad del sistema de control de emisiones y garantizar que los datos recopilados sean utilizados de manera estratégica para reducir la contaminación en Guayaquil.

4.4.5 Viabilidad de la Propuesta

La viabilidad de la propuesta se fundamenta en tres aspectos clave: técnica, económica y social.

- **Viabilidad Técnica:** La implementación de las estrategias propuestas se basa en tecnologías existentes y probadas, como estaciones de monitoreo ambiental, plataformas digitales de gestión de datos y regulaciones de tráfico vehicular. Además, el fortalecimiento del transporte público y la creación de Zonas de Bajas

Emisiones cuentan con precedentes en otras ciudades, lo que facilita su adaptación a Guayaquil.

- **Viabilidad Económica:** Se ha estimado un presupuesto acorde con la magnitud del proyecto, contemplando los costos de instalación de estaciones de monitoreo, campañas de concienciación y fortalecimiento del transporte público. La inversión inicial es significativa, pero se espera que los beneficios en reducción de costos de salud pública y mejoras en la calidad de vida justifiquen la inversión.
- **Viabilidad Social:** La propuesta ha sido diseñada considerando la percepción ciudadana y la aceptación de las medidas. Las encuestas y entrevistas realizadas demuestran que la población reconoce la relación entre tráfico vehicular y calidad del aire, lo que favorece la implementación de políticas de mitigación.

Tabla 29
Presupuesto Estimado de la Propuesta

Concepto	Costo Estimado (USD)
Instalación de 10 estaciones de monitoreo ambiental	\$500,000
Desarrollo e implementación de plataforma digital de monitoreo	\$150,000
Señalización y adecuación de Zonas de Bajas Emisiones (ZBE)	\$200,000
Subsidios para transporte público y bicicletas compartidas	\$300,000
Campañas de sensibilización y educación ambiental	\$100,000
Capacitación para autoridades y operadores de transporte	\$75,000
Costos administrativos y de gestión del proyecto	\$175,000
Total estimado	\$1,500,000

Elaborado por Cazar (2025).

El presupuesto total del proyecto es de \$1.5 millones de dólares, con una distribución equilibrada entre infraestructura, sensibilización y gestión. Se espera que la inversión inicial sea recuperada a mediano plazo a través de mejoras en la calidad del aire, reducción de enfermedades respiratorias y optimización del transporte público. Además, el apoyo de organismos gubernamentales, sector

privado y cooperación internacional puede contribuir a la financiación del proyecto

CONCLUSIONES

Las conclusiones de esta investigación reflejan el cumplimiento de los objetivos específicos y la relevancia de la propuesta en el contexto de la contaminación atmosférica en Guayaquil. En primer lugar, el análisis de la correlación entre los niveles de contaminación y el tráfico vehicular permitió demostrar una relación directa y significativa entre ambas variables, evidenciada en los altos coeficientes de correlación obtenidos. Esto confirma que la movilidad urbana es un factor determinante en la calidad del aire de la zona céntrica de la ciudad, respaldando la necesidad de estrategias de mitigación. Asimismo, las encuestas realizadas a la población permitieron conocer la percepción ciudadana sobre los efectos del tráfico en la calidad del aire y la salud pública, revelando una alta preocupación por el problema y una predisposición favorable a medidas de control y reducción de emisiones. Por otro lado, las entrevistas con expertos en movilidad y medio ambiente proporcionaron una visión técnica fundamentada sobre la viabilidad de las estrategias propuestas, validando su aplicabilidad en la ciudad.

El impacto de los resultados en el contexto analizado es significativo, ya que permite establecer un diagnóstico preciso sobre las zonas con mayor contaminación y su relación con la densidad vehicular. La identificación de estos puntos críticos constituye una herramienta clave para la formulación de políticas públicas y regulaciones ambientales más efectivas. Además, la validación de la percepción ciudadana y la opinión de expertos refuerza la necesidad de intervenciones inmediatas para reducir los efectos negativos del tráfico en la calidad del aire y la salud de la población. Estos hallazgos pueden servir como referencia para futuras investigaciones y la implementación de medidas en otras áreas urbanas con problemáticas similares.

La propuesta presentada destaca por su relevancia e innovación, ya que integra un enfoque multidimensional para abordar el problema de la contaminación vehicular en Guayaquil. A través de la combinación de monitoreo ambiental, regulación del tráfico y concienciación ciudadana, se plantea una solución integral que no solo busca reducir las emisiones contaminantes, sino también fomentar el uso de medios de transporte sostenibles. La viabilidad técnica, económica y social de la propuesta garantiza su aplicabilidad en el contexto local, representando un modelo replicable en otras ciudades con altos

niveles de congestión y contaminación. De esta manera, la investigación no solo contribuye al conocimiento científico sobre la relación entre tráfico y calidad del aire, sino que también ofrece una solución concreta y factible para mejorar la calidad de vida en Guayaquil.

RECOMENDACIONES

En función de los hallazgos obtenidos y el cumplimiento de los objetivos específicos, se presentan las siguientes recomendaciones orientadas a la mitigación de la contaminación atmosférica causada por el tráfico vehicular en la zona céntrica de Guayaquil.

En primer lugar, se recomienda la implementación de un sistema de monitoreo ambiental continuo en las zonas identificadas con los mayores niveles de contaminación. Esto permitirá un seguimiento detallado de la evolución de los contaminantes atmosféricos y su correlación con el flujo vehicular, facilitando la toma de decisiones basada en datos actualizados. Además, se sugiere la integración de estos datos en plataformas digitales accesibles a la ciudadanía y a las autoridades, para fomentar la transparencia y la acción inmediata en casos de niveles críticos de contaminación.

En cuanto a la gestión del tráfico vehicular, se recomienda la adopción de políticas de movilidad sostenible que incentiven la reducción del uso de vehículos particulares en el centro de la ciudad. Entre las estrategias sugeridas se encuentran la implementación de restricciones vehiculares en horarios de alta congestión, el fortalecimiento del transporte público con opciones más eficientes y menos contaminantes, y el fomento del uso de medios alternativos como bicicletas y vehículos eléctricos. Asimismo, se sugiere la aplicación de incentivos fiscales para promover el uso de vehículos con bajas emisiones y sanciones más estrictas para aquellos que no cumplan con las normativas ambientales vigentes.

Desde el ámbito social y educativo, se recomienda el desarrollo de campañas de concienciación dirigidas a la población sobre los efectos negativos de la contaminación atmosférica en la salud pública. Estas campañas deben enfocarse en la importancia de reducir la huella de carbono individual y colectiva mediante hábitos de movilidad responsables. Además, se propone la incorporación de programas educativos en escuelas y universidades que promuevan el conocimiento sobre la calidad del aire y la movilidad sostenible, generando una cultura ambiental desde temprana edad.

Se recomienda continuar con estudios que profundicen en la relación entre la contaminación atmosférica y otros factores urbanos como la planificación territorial, la densidad poblacional y la infraestructura vial. Estos estudios permitirían ampliar la comprensión del problema y desarrollar soluciones

integrales que aborden no solo el tráfico, sino también su interacción con otros elementos del entorno urbano. La continuidad de esta línea de investigación garantizará la evolución de estrategias más efectivas para la mejora de la calidad del aire y la salud pública en Guayaquil.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acosta, G., & Farias, J. (2022). Evaluación de la contaminación ambiental y riesgos en una urbanización privada generada por el sector industrial en la ciudad de Guayaquí. *Tesis de Maestría*. Ecuador: Universidad Politécnica Salesiana.
<https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/22780>.
- Arboleda, G. (2020). *Vías urbanas: una ciudad para todos*. Alpha Editorial.
https://books.google.com.mx/books?id=o816EAAAQBAJ&pg=PA29&dq=movilidad+vehicular&hl=es-419&newbks=1&newbks_redir=0&sa=X&ved=2ahUKewjExpvylulAxWkLkQIHSmRBzcQ6AF6BAgHEAI#v=onepage&q=movilidad%20vehicular&f=false.
- Asamblea Constitucional de la República del Ecuador. (2008). *Constitución de la República del Ecuador*.
- Asamblea Constituyente. (2008). *Ley Orgánica de Transporte Terrestre, Tránsito y Seguridad Vial*.
- Borjas, J. (2020). Validez y confiabilidad en la recolección y análisis de datos bajo un enfoque cualitativo. *Trascender, contabilidad y gestión*, 5(15), 79-97.
https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2448-63882020000300079&script=sci_arttext.
- Choi, W., Ranasinghe, D., De Shazo, J., Kim, J., & Paulson, S. (2019). Where to locate transit stops: Cross-intersection profiles of ultrafine particles and implications for pedestrian exposure. *Environmental pollution*, 233, 235-245.
<https://doi.org/10.1016/j.envpol.2017.10.055>.
- de Murzi, T., & Orejuela, G. (2022). Tejidos residenciales en Guayaquil: indicadores urbanos relativos a la compacidad y la funcionalidad. *ZARCH: Journal of interdisciplinary studies in Architecture and Urbanism*, (19), 124-139.
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8805670>.
- España, S. (2022). Ecuador decreta el estado de excepción ante las protestas por el alza del precio del combustible. *El País* (3).
https://elpais.com/internacional/2019/10/03/america/1570125319_107758.html.
- Espinoza, J., Pantoja, D., Castro, C., Sangovalin, J., & Villamarín, J. (2022). Consumo de combustible frente a la eco conducción y tráfico en una ruta mixta en la ciudad de Quito. *Revista Científica y Tecnológica UPSE (RCTU)*, 9(2), 85-96.
http://scielo.senescyt.gob.ec/scielo.php?pid=S1390-76972022000100085&script=sci_arttext.
- Fainete, S. (2023). Los enfoques de investigación en las Ciencias Sociales. *Revista Latinoamericana Ogmios*, 3(8), 82-95.
<https://idicap.com/ojs/index.php/ogmios/article/view/226>.

- Fiallos, G. (2021). La Correlación de Pearson y el proceso de regresión por el Método de Mínimos Cuadrados. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 5(3), 2491-2509. <https://ciencialatina.org/index.php/cienciala/article/view/466>.
- Fonseca, J., Bravo, L., Leonor, R., & Salazar, A. (2022). Congestión Vehicular y Contaminación Ambiental en Lima Metropolitana. *Revista Lasallista de Investigación*, 19(1), 152-164. http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S1794-44492022000100152&script=sci_arttext.
- Gómez, V., & Chou, R. (2019). Ecuador de cara a la sustentabilidad en el siglo XXI: Ley de Eficiencia ENERGÉTICA. *Identidad Bolivariana*, 3(1), 1-8. <https://identidadbolivariana.itb.edu.ec/index.php/identidadbolivariana/article/download/42/125>.
- Han, B. (2020). Associations between perceived environmental pollution and health-related quality of life in a Chinese adult population. *Health and Quality of Life Outcomes*, 18, 198-211. <https://doi.org/10.1186/s12955-020-01442-9>.
- Hernández, O. (2021). Aproximación a los distintos tipos de muestreo no probabilístico que existen. *Revista cubana de medicina general integral*, 37(3). http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S0864-21252021000300002&script=sci_arttext.
- Instituto Ecuatoriano de Normalización. (2024). Norma Técnica Ecuatoriana. NTE INEN 2248. Quito, Ecuador.
- Jiménez, M., & Villavicencio, A. (2024). Regeneración urbana aplicando criterios sostenibles en el centro de Guayaquil. Ecuador: ULVR. repositorio.ulvr.edu.ec/handle/44000/7194.
- Lara, A., Lara, N., Velastegui, R., & Pullas, P. (2020). Organización y gestión en la prevención de riesgos psicosociales laborales en el transporte público urbano. *Revista Universidad y Sociedad*, 12(4), 355-362. Disponible en: <http://scielo.sld.cu/pdf/rus/v12n4/2218-3620-rus-12-04-355.pdf>.
- Layza, C., & Mejía, A. (2018). Tránsito y congestión vehicular en la contaminación sonora en vías de transporte público. *Cientifi-k*, 1(1), 30-35. [dx.doi.org/10.18050/Cientifi-k.v6n1a3.2018](https://doi.org/10.18050/Cientifi-k.v6n1a3.2018).
- León, A. (2020). *Ecología industrial*. Programa Editorial. https://books.google.com.mx/books?id=kii_EAAQBAJ&pg=PT243&dq=movilidad+vehicular&hl=es-419&newbks=1&newbks_redir=0&sa=X&ved=2ahUKEwjExpvzluIAxWkLkQIHSmRBzcQ6AF6BAGMEAI#v=onepage&q=movilidad%20vehicular&f=false.
- Li, G., Lai, W., Sui, X., Li, X., Qu, X., Zhang, T., & Li, Y. (2020). Influence of traffic congestion on driver behavior in post-congestion driving. *Accident Analysis & Prevention*, 141, 105508. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2020.105508>.
- López, J., Lara, C., & Ortiz, D. (2023). Análisis de contaminación acústica a causa del congestionamiento vehicular en el centro de la ciudad de Guayaquil. *AlfaPublicaciones*,

- 5(2), 127-145.
<https://www.alfapublicaciones.com/index.php/alfapublicaciones/article/view/348>.
- Moscoso, A. (2019). El nuevo marco jurídico en materia ambiental en Ecuador. Estudio sobre el Código Orgánico del Ambiente. *Actualidad jurídica ambiental*, 89, 3-32.
- Navarro, M., & Villanueva, J. (2020). Análisis del transporte público urbano de Lima metropolitana y las reformas ejecutadas durante la gestión municipal 2011-2014. *Revista de ciencias sociales*, 2(1), 6-18. Disponible en: <https://bit.ly/37Wj0tw>.
- Olayode, I., Tartibu, L., Okwu, M., & Uchechi, U. (2020). Intelligent transportation systems, un-signalized road intersections and traffic congestion in Johannesburg: a systematic review. *Procedia CIRP*, 91, 844-850. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2020.04.137>.
- Pérez, S., Reátegui, J., & Mendoza, A. (2021). Contaminación ambiental producida por el tránsito vehicular y sus efectos en la salud humana: revisión de literatura. *Inventum*, 16(30), 20-30. <https://revistas.uniminuto.edu/index.php/Inventum/article/view/2612>.
- Pico, J. (2022). Importación de bicicletas eléctricas como solución al problema de movilización y contaminación ambiental en Guayaquil. *Tesis de Maestría*. Guayaquil, Ecuador: ULVR. repositorio.ulvr.edu.ec/bitstream/44000/5427/1/T-ULVR-4416.pdf.
- Posada, C. (2019). Aumento continuo del parque automotor, un problema que urge solucionar. *La Cámara*, 816, 24-26.
https://apps.camaralima.org.pe/repositorioaps/0/0/par/r816_3/comercio%20exterior.pdf.
- Quiroz, J., Cantú, C., & García, R. (2023). *Entre humo y arcilla: contaminación ambiental*.
https://books.google.com.mx/books?id=nbnSEAAQBAJ&pg=PP4&dq=contaminacion+ambiental&hl=es-419&newbks=1&newbks_redir=0&sa=X&ved=2ahUKEwi86ZfBzYulAxUAPEQIHSASKToQ6AF6BAgLEAI#v=onepage&q=contaminacion%20ambiental&f=false.
- Reyes, G., Guanuche, D., Pulles, S., & Aguirre, M. (2021). Estudio de la percepción de vehículos eléctricos en la ciudad de Quito. *Revista científica Dominio de las Ciencias* 7(5), 937-958. ISSN: 2477-8818. https://redib.org/Record/oai_articulo3421004-estudio-de-la-percepci%C3%B3n-de-veh%C3%ADculos-el%C3%A9ctricos-en-la-ciudad-de-quito.
- Romo, T., & León, J. (2021). IoT para la semaforización inteligente en la ciudad de Guayaquil. *Polo del Conocimiento: Revista científico-profesional*, 6(11), 1022-1039.
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8219337>.
- Sabry, F. (2022). *Sistemas De Comunicación Vehicular*.
https://books.google.com.mx/books?id=PmyYEEAAQBAJ&pg=PT171&dq=movilidad+vehicular&hl=es-419&newbks=1&newbks_redir=0&sa=X&ved=2ahUKEwjExpvyzluIAxWkLkQIHSmRBzcQ6AF6BAgJEAI#v=onepage&q=movilidad%20vehicular&f=false.

- Salcedo, M. (2021). Movilidad sustentable del discurso a la materialización. . *Actas de Diseño*, (37). <https://dspace.palermo.edu/ojs/index.php/actas/article/view/5594>.
- Santos, M. (2023). *Movilidad Sustentable*. Universidad Autónoma de Baja California. https://books.google.com.mx/books?id=PXHWEAAAQBAJ&pg=PT57&dq=movilidad+vehicular&hl=es-419&newbks=1&newbks_redir=0&sa=X&ved=2ahUKewjExpvyzlulAxWkLkQIHSmRBzcQ6AF6BAgEEAI#v=onepage&q=movilidad%20vehicular&f=false.
- Secretaría Nacional de Planificación . (2024). Plan de Desarrollo para el Nuevo Ecuador 2024-2025. Ecuador: <https://www.planificacion.gob.ec/plan-de-desarrollo-para-el-nuevo-ecuador-2024-2025/>.
- Shen, Y., Liu, W., Lee, K., Chuang, H., Chen, H., & Chuang, K. (2019). Association of PM 2.5 with sleep-disordered breathing from a population-based study in Northern Taiwan urban areas. *Environmental Pollution*, 233, 109-113. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2017.10.052>.
- Statista. (2025). *Número de horas perdidas por año en el tránsito vehicular de algunas ciudades de América Latina en 2023* . Obtenido de <https://es.statista.com/estadisticas/1088889/ciudades-mas-embotellamientos-america-latina/>
- Tapia, V., Carbajal, L., Vázquez, V., Espinoza, R., Steenland, K., & Gonzáles, G. (2019). Reordenamiento vehicular y contaminación ambiental por material particulado (2, 5 y 10), dióxido de azufre y dióxido de nitrógeno en Lima Metropolitana, Perú. *Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Pública*, 35, 190-197. <https://doi.org/10.17843/rpmesp.2018.352.3250>.
- Verdezoto, T., Montes, F., & Medina, O. (2020). Análisis del congestionamiento vehicular para el mejoramiento de vía principal en Guayaquil-Ecuador. *Gaceta Técnica*, 21(2), 4-23. <https://www.redalyc.org/journal/5703/570363740001/570363740001.pdf>.
- Villareal, C., & Andrade, B. (2022). Análisis de la gestión de riesgo del transporte en las operadoras interprovinciales. *Tesis Doctoral*. Ecuador: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/17337>.
- Zambrano, A., & Chancay, J. (2023). Revisión bibliográfica sobre la medición de la contaminación ambiental en áreas urbanas de las regiones Costa y Sierra en las ciudades de Ibarra y Guayaquil, Ecuador utilizando IoT. *Serie Científica de la Universidad de las Ciencias Informáticas*, 16(6), 1. Recuperado a partir de <https://publicaciones.uci.cu/index.php/serie/article/view/1371>.

ANEXO

Cuestionario de Encuesta

Preguntas de la Encuesta

1. ¿Considera que la contaminación del aire en el centro de Guayaquil ha aumentado en los últimos años?
2. ¿Cree que el tráfico vehicular es la principal causa de la contaminación atmosférica en la zona céntrica?
3. ¿Siente que la calidad del aire afecta su salud de manera negativa?
4. ¿Ha experimentado síntomas como tos, irritación ocular o dificultad para respirar debido a la contaminación del aire?
5. ¿Cree que las autoridades han tomado suficientes medidas para reducir la contaminación del aire?
6. ¿Considera que la contaminación del aire ha afectado la calidad de vida de los ciudadanos en Guayaquil?
7. ¿Cree que la reducción del tráfico vehicular mejoraría la calidad del aire en la ciudad?
8. ¿Está dispuesto a utilizar medios de transporte alternativos para reducir la contaminación?
9. ¿Cree que la implementación de zonas de restricción vehicular ayudaría a disminuir la contaminación del aire?
10. ¿Considera que se necesita mayor concienciación ciudadana sobre los efectos de la contaminación vehicular?