



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS
CARRERA INGENIERÍA EN BIOTECNOLOGÍA AMBIENTAL

**“EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AIRE DEL CANTÓN RIOBAMBA PARA
EL AÑO 2019 APLICANDO MODELOS COMPUTACIONALES”**

Trabajo de Titulación

Tipo: Proyecto Técnico

Presentado para optar por el grado académico de:

INGENIERO EN BIOTECNOLOGÍA AMBIENTAL

AUTOR: CRISTOFER SEBASTIÁN CEDEÑO CABASCANGO

DIRECTORA: Ing. MARÍA RAFAELA VITERI UZCÁTEGUI Msc.

Riobamba – Ecuador

2021

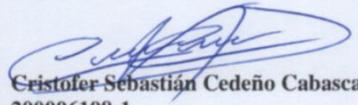
© 2021, Cristofer Sebastián Cedeño Cabascango

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

Yo, CRISTOFER SEBASTIÁN CEDEÑO CABASCANGO, declaro que el presente trabajo de titulación es de mi autoría y los resultados de los mismos son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autor asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de titulación. El patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

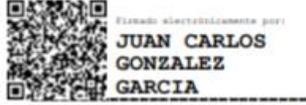
Riobamba, 15 de Octubre de 2021.



Cristófer Sebastián Cedeño Cabascango
200006108-1

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS
CARRERA INGENIERÍA EN BIOTECNOLOGÍA AMBIENTAL

El tribunal del trabajo de titulación certifica que: El trabajo de titulación, tipo: Proyecto Técnico, **EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AIRE DEL CANTÓN RIOBAMBA PARA EL AÑO 2019 APLICANDO MODELOS COMPUTACIONALES**, realizado por el señor, **CRISTOFER SEBASTIÁN CEDEÑO CABASCANGO**, ha sido minuciosamente revisado por los miembros del trabajo de titulación, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal autoriza su presentación.

	FIRMA	FECHA
Ing. Carlos Rolando Rosero Erazo Msc. PRESIDENTE DEL TRIBUNAL	 CARLOS ROLANDO ROSERO ERAZO Firmado digitalmente por CARLOS ROLANDO ROSERO ERAZO Fecha: 2021.12.13 17:03:29 -05'00'	11/11/2021
Ing. María Rafaela Viteri Uzcátegui Msc. DIRECTORA DE TRABAJO DE TITULACIÓN	 Firmado electrónicamente por: MARIA RAFAELA VITERI UZCATEGUI	11/11/2021
Ing. Juan Carlos González García Msc. MIEMBRO DE TRIBUNAL	 Firmado electrónicamente por: JUAN CARLOS GONZALEZ GARCIA	11/11/2021

DEDICATORIA

A mis padres, Elsa Cabascango y Ramón Cedeño, por ser los pilares fundamentales que me permitieron alcanzar esta meta, por siempre motivarme, alentarme a ser una mejor persona y tenerme bajo su bendición. A toda mi familia y amigos.

Cristofer

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios, porque sin El nada de esto hubiera sido posible, a mi padre Ramón Cedeño y a mi madre Elsa Cabascango, por su infinito apoyo desde el inicio de este sueño hasta su culminación. A mis hermanos Nicolás Herrera y Eimy Herrera por siempre motivarme a seguir adelante. A toda mi familia por siempre estar ahí pendientes, millón gracias.

A la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo por abrirme las puertas y permitirme educarme y crecer como persona. A todos mis docentes, me resultaría imposible nombrarlos a todos, pero sé que a lo largo de estos años compartieron su conocimiento e ideas que permitieron expandir mis horizontes, en especial a mi tutora de este trabajo de titulación, Rafaela Viteri Uzcátegui, por su paciencia y colaboración durante todas las fases de realización de este trabajo.

A mis amigos Cristina, Gissela, Yahir y Abigail por ser parte de esta genial aventura llamada Universidad durante estos años. Chicos quizás ahora tomemos caminos separados, pero siempre tendremos un vínculo llamado amistad que nos mantendrá unidos. A todos mis amigos con los cuales tuve la oportunidad de compartir un aula de clases. Los mejores éxitos y bendiciones.

Cristofer

TABLA DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	ix
ÍNDICE FIGURAS	x
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	xi
ÍNDICE DE ECUACIONES	xii
ÍNDICE DE ANEXOS	xiii
ÍNDICE DE ABREVIATURA	xiv
RESUMEN.....	xv
INTRODUCCIÓN	1

CAPÍTULO I

1. DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA	4
1.1. Antecedentes.....	4

CAPÍTULO II

2. FUNDAMENTOS TEÓRICOS.....	7
2.1. Atmósfera.....	7
2.1.1. <i>Composición</i>	7
2.1.2. <i>Comportamiento meteorológico</i>	9
2.2. Contaminación.....	9
2.2.1. <i>Contaminación atmosférica</i>	10
2.3. Fuentes de contaminación atmosférica	11
2.3.1. <i>Fuentes fijas</i>	11
2.3.1.1. <i>Fuentes puntuales</i>	10
2.3.1.2. <i>Fuentes de área</i>	10
2.3.1.3. <i>Fuentes naturales</i>	10
2.3.2. <i>Fuentes móviles</i>	12
2.4. Gases contaminantes de la atmósfera	13
2.4.1. <i>Monóxido de carbono</i>	13
2.4.2. <i>Dióxido de azufre</i>	13
2.4.3. <i>Óxidos de nitrógeno</i>	13

2.4.4.	<i>Material particulado 10</i>	13
2.4.5.	<i>Material particulado 2.5</i>	14
2.4.6.	<i>Dióxido de carbono</i>	14
2.5.	Contaminantes biogénicos	14
2.5.1.	<i>Isoprenos</i>	14
2.5.2.	<i>Monoterpenos</i>	15
2.5.3.	<i>Otros compuestos orgánicos volátiles</i>	15
2.6.	Inventario de emisiones	15
2.6.1.	<i>Tipos de inventarios de emisiones</i>	16
2.6.1.1.	<i>Según los contaminantes de criterio y gases de efectos invernadero</i>	15
2.6.1.2.	<i>Según el diseño de sistemas de vigilancia de calidad de aire (SVCA)</i>	15
2.6.1.3.	<i>Según el programa de gestión de calidad de aire</i>	15
2.6.1.4.	<i>Desarrollo de normas o modelación</i>	15
2.6.2.	<i>Metodologías para el desarrollo de inventario de emisiones</i>	17
2.6.2.1.	<i>Top-down</i>	16
2.6.2.2.	<i>Bottom up</i>	16

CAPÍTULO III

3.	MARCO METODOLÓGICO	18
3.1	Zona de estudio	18
3.2.	Herramientas utilizadas	19
3.2.1.	<i>Fuentes móviles</i>	19
3.2.3.	<i>Fuentes fijas</i>	19
3.2.4.	<i>Fuentes de Área</i>	19
3.3.	Etapas de la investigación	19
3.3.1.	<i>Evaluación de las condiciones meteorológicas</i>	20
3.3.2.	<i>Fuentes móviles</i>	21
3.3.3.	<i>Fuentes de área</i>	26
3.3.4.	<i>Fuentes fijas</i>	39
3.4.	Identificación de los sectores con mayores niveles de contaminación atmosférica ..	41

CAPÍTULO IV

4.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	42
4.1.	Evaluación de las condiciones meteorológicas.....	42
4.2.	Inventario de emisiones.....	44
4.2.1.	<i>Fuentes Móviles</i>	44
4.2.2.	<i>Emisiones Diarias de contaminantes ordenados por flota</i>	47
4.2.3.	<i>Emisiones Anuales</i>	49
4.3.	Fuente Biogénicas	50
4.3.1.	<i>Emisiones de COVs de la vegetación</i>	50
4.3.2.	<i>Estaciones de servicio</i>	52
4.3.3.	<i>Consumo de GLP</i>	53
4.3.4.	<i>Extracción de caliza</i>	54
4.4.	Fuentes Fijas	55
4.4.1.	<i>Relleno sanitario Porlón</i>	55
4.4.2.	<i>Ecuacerámica</i>	56
4.5.	Emisiones atmosféricas del cantón Riobamba año 2019	57
	CONCLUSIONES	58
	RECOMENDACIONES	60
	BIBLIOGRAFÍA	
	ANEXOS	

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-2: Composición atmosférica.....	8
Tabla 1-3: Factores ambientales considerados para el cálculo de emisiones	23
Tabla 2-3: Características químicas de la Gasolina	24
Tabla 3-3: Características químicas del Diésel.....	24
Tabla 4-3: Tipo de vegetación para cada estrato de la Sierra Ecuatoriana.....	28
Tabla 5-3: Factores de emisión de Isoprenos, monoterpenos y OCOV de especies vegetales de la Sierra ecuatoriana. (1 de 2)	29
Tabla 5-3: Factores de emisión de Isoprenos, monoterpenos y OCOV de especies vegetales de la Sierra ecuatoriana. (2 de 2)	30
Tabla 6-3: Factores de emisión por uso de suelo del cantón Riobamba	31
Tabla 7-3: Densidad foliar de las especies vegetales en Chimborazo.....	32
Tabla 8-3: Consumo de diésel Horno B&T 3200.....	40
Tabla 9-3: Factores de emisión para motores de combustión interna	41
Tabla 1-4: Promedio de temperatura del Cantón Riobamba año 2019	42
Tabla 2-4: Emisiones de contaminante en kg/d según la flota Vehicular	47
Tabla 3-4: Emisiones anuales de la flota vehicular en el cantón Riobamba año 2019.....	49
Tabla 4-4: Emisiones de COVs cantón Riobamba año 2019.....	50
Tabla 5-4: Emisiones de COVs provenientes de las estaciones de servicio, Riobamba año 2019 ...	52
Tabla 6-4: Emisión de CO ₂ producto del consumo de GLP doméstico, Riobamba año 2019.....	53
Tabla 7-4: Emisiones de PM10 producto de la extracción de caliza, Riobamba año 2019.....	54
Tabla 8-4: Emisiones de metano provenientes del relleno sanitario Porlón, año 2019	55
Tabla 9-4: Emisiones provenientes de la industria ECUACERÁMICA, año 2019	56
Tabla 10-4: Emisiones atmosféricas totales año 2019.....	57

ÍNDICE FIGURAS

Figura 1-2: Esquema del proceso de contaminación atmosférica.....	10
Figura 2-2: Proceso de emisiones en vehículos.....	12
Figura 1-3: Zona de estudio	18
Figura 2-3: Rutas propuestas para el estudio.....	22
Figura 3-3: Mapa de uso de suelo, Cantón Riobamba.....	27

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1- 4. Distribución de la flota vehicular Cantón Riobamba Año 2019.	45
Gráfico 2-4 Variación mensual de las emisiones de COVs año 2019.....	51

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1-1: Determinación de muestra.....	20
Ecuación 2-3: Emisiones de isoprenos.....	32
Ecuación 3-3: Factor de corrección de isoprenos.....	32
Ecuación 4-3: Factor de corrección de temperatura isoprenos.....	33
Ecuación 5-3: Factor de corrección de radiación.....	33
Ecuación 6-3: Emisiones mensuales de isopreno.....	33
Ecuación 7-3: Emisiones anuales de isopreno.....	33
Ecuación 8-3: Emisiones de monoterpenos.....	34
Ecuación 9-3: Factor de corrección de temperatura monoterpenos.....	34
Ecuación 10-3: Emisiones de otros compuestos orgánicos volátiles.....	34
Ecuación 11-3: Emisiones de estaciones de servicio.....	35
Ecuación 12-3: Emisiones de consumo de GLP.....	36
Ecuación 13-3: Emisiones de extracción de caliza.....	37
Ecuación 14-3: Emisiones de metano.....	38
Ecuación 15-3: Tasa de generación de metano.....	38
Ecuación 16-3: Emisiones ECUACERÁMICA.....	39

ÍNDICE DE ANEXOS

**ANEXO A. MODELO DE ENCUESTA APLICADA MEDIANTE EL APLICATIVO GOOGLE
FORMS**

ANEXO B. BIN FLOTA MOTOCICLETA

ANEXO C. BIN FLOTA CAMIÓN-FURGONETA

ANEXO D. BIN FLOTA BUS

ANEXO E. BIN FLOTA AUTOMÓVIL-SUV/JEEP-CAMIONETA

ANEXO F. DISTRIBUCIÓN DE TIEMPO DE SOAK

ÍNDICE DE ABREVIATURA

IVE	Internacional Vehicular Emmissions
EPA	Agencia Protección Ambiental de los Estados Unidos
CO₂	Dióxido de carbono
CO	Monóxido de carbono
NO_x	Óxidos de nitrógeno
SO_x	Óxidos de azufre
COVs	Compuestos orgánicos volátiles
CH₄	Metano
PM	Material particulado
PM₁₀	Material particulado 10
SVCA	Sistema de vigilancia de calidad de aire
t:	Toneladas
kg:	Kilogramos

RESUMEN

En el presente trabajo de titulación se evaluó la calidad de aire del cantón Riobamba mediante modelos computacionales; para esto se evaluó el comportamiento meteorológico de la zona de estudio con información proporcionada por las estaciones meteorológicas de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Quimiag, Tunshi, San Juan y Alao. Se identificaron las fuentes significativas de emisión de contaminantes dentro del cantón y se las dividió en tres tipos de fuentes, las emisiones provenientes de fuente móviles se estimaron mediante el uso del software Internacional Vehicular Emmissions (IVE), las emisiones provenientes de fuentes fijas como las del relleno sanitario de Porlón y ECUACERÁMICA y del área que incluye las emisiones del consumo de gas licuado de petróleo, estaciones de servicio y extracción de caliza se calcularon en base al uso de factores de emisión establecidos por la Agencia Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA), dentro de las emisiones provenientes de fuentes de área se efectuó el cálculo de las emisiones provenientes de fuentes biogénicas utilizando la metodología de Guenther. En base a los resultados obtenidos se comparó las emisiones con las de otros estudios realizados en ciudades con características similares. Los valores de temperatura y radiación media durante el año de estudio fueron de 12,24 grados Celsius y 357,35 W/m² respectivamente, la emisión de fuentes móviles asciende a 356387,56 toneladas/año que representa el 48,52%, las fuentes de área emiten 250167,85 toneladas/año que representa el 34,96% y las fuentes fijas emiten 127948,6 toneladas/año que representa el 17,42% de las emisiones totales. Se concluye que con los resultados expuestos en el cantón Riobamba las fuentes móviles son las que poseen una mayor tasa de emisión seguidas de las fuentes de área y fijas. Se recomienda un monitoreo continuo de estas fuentes que permita conocer los niveles de contaminación de aire presentes en el cantón.

Palabras clave: <CONDICIONES METEOROLÓGICAS>, <TEMPERATURA>, <RADIACIÓN>, <FUENTES MÓVILES>, <FUENTES FIJAS>, <FUENTES DE ÁREA>, <EMISIONES BIOGÉNICAS>, <FACTORES DE EMISIÓN>.

LEONARDO
FABIO MEDINA
NUSTE

Firmado digitalmente por LEONARDO FABIO
MEDINA NUSTE
Nombre de reconocimiento (DN): c=EC, o=BANCO
CENTRAL DEL ECUADOR, ou=ENTIDAD DE
CERTIFICACION DE INFORMACION-ESBCE,
ln=QUIFID, serialNumber=D000621485,
cn=LEONARDO FABIO MEDINA NUSTE
Fecha: 2021.11.11 17:48:12 -05'00'



2088-DBRA-UTP-2021

SUMMARY

The current graduation work evaluated the air quality of Riobamba county using computational models; For this, it was necessary to evaluate the meteorological behavior of the study area with information provided by Quimiag, Tunshi, San Juan and Alao meteorological stations of Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. The significant pollutant emission sources of the county were identified and divided into three types of sources, the emissions from mobile sources were estimated by using the International Vehicular Emissions (IVE) software, the emissions from fixed sources such as Porlón landfill, ECUACERÁMICA and the area including emissions generated by the consumption of liquefied petroleum gas, gas stations and limestone extraction were calculated based on the use of emission factors established by the American Environmental Protection Agency (EPA), within the emissions from area sources, the emissions from biogenic sources were calculated using the Guenther methodology. Based on the results obtained, the emissions were compared with those resulting from other studies carried out in cities with similar characteristics. The temperature and average radiation values during the study year were 12.24 degrees Celsius and 357.35 W / m² respectively, the emission from mobile sources reaches 356 387.56 tons per year, which represents 48.52%, the Area sources emit 250 167.85 tons per year, which represents 34.96%, and fixed sources emit 127.948.6 tons per year, which represents 17.42% of total emissions. With the results presented in Riobamba county, it is concluded that mobile sources are those with the highest emission rate, followed by the area and fixed sources. It is recommended to carry out a permanent monitoring of these sources in order to know the levels of air pollution present in the county.

Keywords: <WEATHER CONDITIONS>, <TEMPERATURE>, <RADIATION>, <MOBILE SOURCES>, <FIXED SOURCES>, <AREA SOURCES>, <BIOGENIC EMISSIONS>, <EMISSION FACTORS>.



Firmado electrónicamente por:
**PAUL ROLANDO
ARMAS PESANTEZ**

INTRODUCCIÓN

La contaminación atmosférica se ha convertido en uno de los más grandes problemas de la humanidad en los últimos años, su origen se le puede atribuir a varias causas, para el caso de los países desarrollados se presenta por la elevada densidad poblacional, ampliación de la producción industrial e incremento de la flota vehicular. Para los países en vías de desarrollo, los principales factores son la falta de planificación de las industrias, uso de tecnologías obsoletas, transporte, mala calidad del saneamiento básico y el ordenamiento territorial no planificado (Maldonado, 2009, p.66).

Altos niveles o exposiciones prolongadas a estos contaminantes pueden causar afectaciones a la salud humana y ecosistemas. La modelación de la calidad del aire es una herramienta matemática y computacional que debe ser aplicada para la toma de decisiones de carácter regulatorio, su aplicación es la de describir la dinámica atmosférica del área de estudio (Ballester, 2005, p.160).

Conocer los niveles de contaminación y el aporte que tiene cada una de las fuentes mencionadas requiere de la aplicación de distintas metodologías para cada caso, las fuentes móviles usan información sobre patrones de manejo, información referida a la tecnología vehicular e información ambiental del área de estudio, las emisiones de fuentes biogénicas son calculadas haciendo uso de sistemas de información geográfica, mapa de uso de suelo de la zona, condiciones ambientales como temperatura y radiación registradas durante el periodo de estudio y factores de emisión de las especies vegetales presente en la zona (Tenías et al., 1999, p.268).

Las fuentes fijas requieren de información relacionada a los niveles de producción de las industrias durante el intervalo de tiempo considerado, consumos de combustible y de factores de emisión los cuales se encuentran establecidos en estudios o normativas internacionales. Se debe destacar que mientras la información con la que se cuente provenga de fuentes primarias, el cálculo de emisiones y posterior desarrollo de inventario tendrá una menor incertidumbre debido a que los resultados que se obtengan se acercaran a los niveles reales de emisión (Moscoso, et al. 2018, p.34).

Los estudios referidos al cálculo de emisiones atmosféricas ayudan a comprender los niveles reales de contaminación a los que se encuentra expuesta la población e identificar la fuente de donde provienen dichas emisiones, a su vez la información generada es una pieza clave para la gestión de la calidad de aire, elaboración de estrategias o planes de mitigación en zonas críticas y lograr una intervención oportuna en los casos más extremos. Este tipo de información puede ser usada por municipalidades, Universidades y demás entes que tengan un papel activo dentro de la planificación y la toma de acciones a futuro en materia ambiental. Los estudios relacionados con la calidad del aire son escasos en el cantón Riobamba y los que existen no abarcan las fuentes que se consideran las más importantes al momento de realizar una evaluación de la calidad del aire o a su vez se realizan en torno a un solo contaminante, razón por la cual no se conoce los niveles de contaminación atmosférica a los que se encuentra expuesta la población en el día a día (Martínez, 2019, p.127).

La contaminación de aire y la exposición a la misma sin ningún tipo de control o indicar genera muchos efectos negativos en distintos medios, pero quizá el de mayor impacto es en la salud humana, a nivel mundial existen varios estudios epidemiológicos que reflejan que la exposición a una amplia variedad de contaminantes ambientales, inclusive por debajo de las concentraciones menores a las establecidas en normas internacionales están relacionadas con un mayor de casos de asma, disminución de la función pulmonar, incremento de padecimiento de enfermedades respiratorias en grupos vulnerables como niños, adolescentes y ancianos (Romero, et al. 2006, p.6).

CAPÍTULO I

1. DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA

1.1. Antecedentes

El aire de la ciudad de Riobamba en los últimos años se ha visto afectado por dos factores principales, el primero proviene de la influencia de la naturaleza, eventos como la erupción del volcán Tungurahua genera que se liberen a la atmósfera grandes cantidades de contaminantes, y la segunda, en la se centra la presente investigación es la contaminación de origen antropogénico, se encuentran aquí varias actividades que según su nivel de desarrollo generan una mayor afectación, el aumento del parque automotriz , la situación se agrava con el crecimiento del parque automotor ya que las emisiones de los gases de combustión de automotores también se incrementan; a esto sumado que muchos de vehículos no están en condiciones adecuadas para su funcionamiento debido a la falta de un correcto mantenimiento preventivo(Zaldumbide y Cocha, 2017, p.5).

El rápido crecimiento industrial que ocurre en este cantón es otro de los factores a considerar en el desarrollo de este proyecto, Riobamba cuenta con industrias de fabricación de cerámica y cemento, las cuales por las materias primas ocupadas en sus procesos de producción y el uso de combustibles para el desarrollo de los procesos propios de cada actividad liberan cantidades considerables de gases contaminantes al ambiente, si bien estas actividades industriales se encuentran reguladas por la autoridad ambiental competente mediante monitoreos continuos esta información no siempre se encuentra disponible.

Otras actividades como la extracción de calizas, el funcionamiento de las estaciones de servicio que ofrecen el combustible para el sector automotor, el consumo de gas licuado de petróleo ocupado en todos los hogares y lugares como el relleno sanitario de Porlón emiten distintos compuestos a la atmósfera, los cuales ameritan ser monitoreados, controlados y contabilizados. En la actualidad existen pocos estudios relativos a la calidad del aire en Ecuador, estos estudios se evalúan los procesos que sufren los contaminantes emitidos a la atmósfera y su fundamento se basa en el uso de modelos numéricos que simulan los procesos físicos y químicos de los contaminantes de interés (Avilés, 2015, p.7).

El presente proyecto de investigación aborda la problemática relacionada a la calidad del aire en el Cantón Riobamba, los estudios relacionados a la calidad del aire son escasos dentro de este cantón, razón por la cual no se conoce la realidad de los niveles de contaminación atmosférica a los que se encuentra expuesta la población en el día a día. Siguiendo de ejemplo de ciudades como Quito, la cual en el año 2003 desarrollo un inventario de emisiones atmosféricas como parte de un plan que busque identificar la contribución real de las emisiones provenientes de fuentes significativas y a su vez hacer frente a un problema de contaminación ambiental (Peña, 2018, p.286).

El desarrollo de la presente investigación busca identificar los sectores que mayor aportación de contaminantes generan a la atmosfera mediante el desarrollo de un inventario de emisiones que considere las fuentes significativas de mayor interés, sus resultados inmediatos mostrarán de una forma clara los niveles de contaminación atmosférica presentes en la ciudad según la fuente y a largo plazo servirá como base para el desarrollo de investigaciones posteriores.

OBJETIVOS

Objetivo General

Determinar las emisiones de contaminantes atmosféricos del cantón Riobamba y la calidad del aire para el año 2019.

Objetivos específicos

- Evaluar el comportamiento meteorológico en el Cantón Riobamba durante al año 2019.
- Desarrollar un inventario de emisiones que permita evaluar las emisiones y la calidad del aire de Riobamba.
- Identificar los sectores del cantón Riobamba con mayores niveles de contaminación atmosférica.

CAPÍTULO II

2. FUNDAMENTOS TEÓRICOS

2.1. Atmósfera

Se define como la cobertura gaseosa de la tierra que la recubre en su totalidad, actúa a manera de escudo protector absorbiendo la mayor parte de la radiación ultravioleta y cumple con la función de suministrar la mayoría de los gases necesarios para la vida y para el correcto desarrollo de los seres vivos y de todas sus actividades (Generalitat Valenciana, 2015).

En épocas primitivas se constituía en su totalidad de emanaciones de origen volcánico, para llegar a la composición de la actualidad trascurrieron miles de años durante los cuales ocurrieron una serie de fenómenos de origen físico y químico entre los cuales está la condensación del vapor de agua, formación de carbonatos por acción del dióxido de carbono con la corteza terrestre y la formación de oxígeno producto de la actividad fotosintética lo que dio lugar a que tenga la composición actual la cual en los últimos años ha ido variando (ABC del Este, 2005).

2.1.1. Composición

Se compone por una compleja mezcla de diferentes gases en distintas proporciones, de varios compuestos y elementos en trazas la cual no es constante ni uniforme en su totalidad, su espesor es de aproximadamente 480 km. Los gases que de forma típica integran la atmosfera terrestre de detallan en la tabla 1-2.

Tabla 1-2: Composición atmosférica

Gas	Porcentaje(%)
Nitrógeno	78,08%
Oxígeno	20,95%
Argón	0,93%
Dióxido de Carbono	0,0003%
Neón, Helio, Criptón	0,0001%
Vapor de agua	0-4%
Metano	Trazas
Dióxido de sulfuro	Trazas
Ozono	Trazas
Óxidos de nitrógeno	Trazas

Fuente: SPACE, 2017.

Realizado por: Cedeño, Cristófer, 2021.

A diferentes alturas la composición de la atmósfera cambia, es gracias a la acción de la fuerza de atracción gravitacional del planeta la ocasiona que la mayor densidad de los gases se ubique por debajo de los 50 km de altitud, a 10 km de altura se encuentra la primera capa conocida como troposfera la cual está en contacto directo con la superficie terrestre, esta contiene alrededor del 75% de la masa total de la atmósfera, sobre los 50 km encontramos a la estratosfera, contiene el 25% restante de masa total de la atmósfera y en ella también se encuentra la denominada capa de ozono la cual sirve de escudo frente a los rayos UV (Caballero, et al., 2007, p.4).

La concentración de estos gases es variable debido a la presencia de diversos factores, por ejemplo, el vapor del agua el cual se encuentra en un mayor porcentaje en zonas más cercanas a superficie y disminuye conforme aumenta la altura, al contrario, la presencia de ozono en zonas cercanas a la superficie puede resultar peligrosa ya que es un gas tóxico (Visionlearning, 2003).

2.1.2. Comportamiento meteorológico

Involucra las variaciones del clima que se observan en un periodo específico de tiempo, influyen los factores como la precipitación, humedad, velocidad y dirección del viento, evaporación, presión atmosférica, insolación, temperatura, radiación ultravioleta entre otros, estos factores forman un sistema cuya predicción se vuelve compleja razón por la cual se mantiene un monitoreo constante y activo por parte de una red compuesta por varias estaciones meteorológicas ubicadas dentro del área de interés (García, 2009, p.83).

Los factores descritos anteriormente se convierten en condicionantes de la calidad del aire de una región específica, patrones meteorológicos específicos ayudan a explicar como ocurre la distribución de los contaminantes y para los contaminantes que tiene su origen en la cobertura vegetal factores como la temperatura y radiación inciden en su nivel de emisión (Vidal, et al., 2018, p.147).

2.2. Contaminación

Se entiende como el ingreso en el entorno de elementos o sustancias de naturaleza física, química o biológica que de manera típica no deberían encontrarse ahí, pudiendo generar afectaciones al equilibrio normal del ecosistema las cuales pueden ser de carácter benéfico o antagónico en función de la población que se encuentre expuesta (Vargas, 2005, p.117).

La contaminación ambiental tiene su origen en las actividades antropogénicas, dentro de este extenso grupo las que generan la mayor afectación son la tala excesiva de árboles, emisiones y vertidos de tipo industrial a la atmósfera, cuerpos de agua y suelo, incremento del consumo de combustibles fósiles con fines de producción de energía o transporte y el uso excesivo de plásticos en actividades diarias (Reyna, 1999, p.51).

2.2.1. Contaminación atmosférica

Es la presencia de agentes o sustancias tóxicas en la atmósfera las cuales pueden tener distintos orígenes y que son capaces de causar efectos negativos en la salud de las personas y al medio donde se encuentran, de manera general es causada por actividades industriales que involucran la combustión o el uso de algún tipo de carburante necesario para desarrollar un determinado proceso, obtención de energía, por fuentes móviles, el proceso de combustión que se lleva a cabo dentro de motores requieren algún tipo de combustible y por fuentes biogénicas, en este tipo de fuentes, la generación de contaminantes es producto del metabolismo de la vegetación (Ballester, 2005, p.160).

La creciente emisión y acumulación de gases a la atmósfera ha ocasionado graves problemas en el ambiente, como el debilitamiento de la capa de ozono, cambio climático y el calentamiento global, problemas que ocasionan afectaciones a otros medios, como el caso del aumento del nivel del mar producto del derretimiento de los polos a causa del aumento de la temperatura, para el año 2015 la tasa de emisión de dióxido de carbono se incrementó en un 143% y la temperatura del planeta aumento en cerca de 1 grado (Moscoso, et al., 2018, p.34).

Los primeros efectos producto de la contaminación atmosférica se observaron a mediados del siglo XX, grandes ciudades como Londres y países como Estados Unidos fueron los primeros en experimentarlos, en los años siguientes la legislación relacionada con este campo se ha endurecido permitiendo que se controle en parte la problemática, en la actualidad son cada vez más las ciudades en distintas regiones del mundo que presentan un aumento de casos de afectaciones a la salud relacionadas con la calidad de aire (Encinas, 2011, p.13).

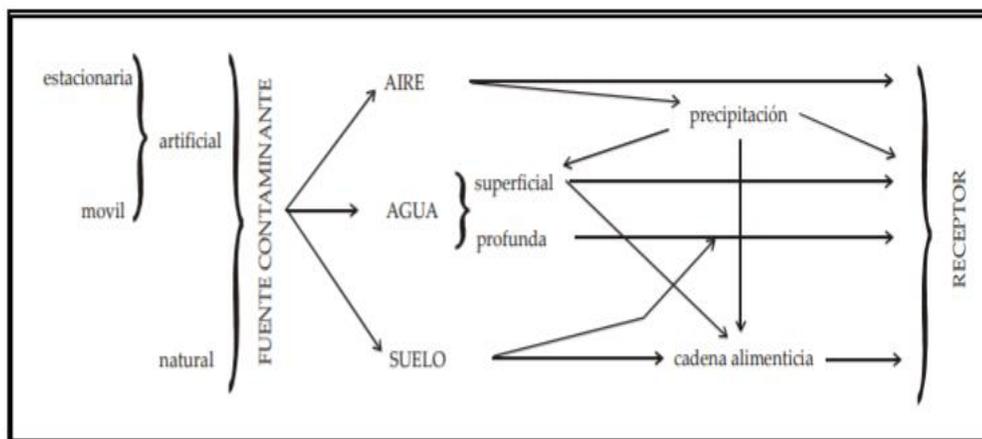


Figura 1-2. Esquema del proceso de contaminación atmosférica
Fuente: Encinas, M. 2011.

2.3. Fuentes de contaminación atmosférica

De manera general se identifican 2 grandes grupos de fuentes de contaminación atmosférica, las cuales tiene su división, las fuentes se dividen en:

- Fuentes fijas: se divide en fuentes puntuales, fuentes de área y fuentes naturales.
- Fuentes móviles.

2.3.1. Fuentes fijas

En esta categoría la descarga de los contaminantes se produce de forma dispersa pero su fuente de emisión se encuentra en un sitio inamovible, por lo general son chimeneas o ductos que se encuentran presentes en instalaciones industriales y pueden estar equipadas con sistemas de monitoreo y medición de contaminantes, expulsan grandes cantidades de contaminantes con una composición variada la cual está ligada al tipo de proceso que se lleve a cabo en las instalaciones (Portal web de la calidad el aire del Ayuntamiento de Madrid, 2020).

2.3.1.1. Fuentes Puntuales

Estas fuentes están asociadas a actividades de generación energética e industriales, dentro de estas encontramos la metalúrgica, química, alimentaria, textil, manufacturera, procesamiento de animales, entre otras. Usan de manera general algún combustible para su operación por lo que la composición y calidad de dicho carburante en los procesos de las actividades descritas anteriormente está relacionada de forma directa a los niveles de emisión de gases a la atmósfera, los principales gases generados producto de la combustión son dióxido de azufre, óxidos de nitrógeno, dióxido de carbono, monóxido de carbono, hidrocarburos entre otros (Fonseca, 2021, p.2).

2.3.1.2. Fuentes de Área

Son fuentes que se diferencia de las fuentes puntuales por ser demasiadas numerosas y que al encontrarse dispersas su tasa de emisión de contaminantes no supera las 10 toneladas anuales de emisión de un contaminante específico o 25 toneladas anuales de una mezcla de contaminantes los cuales tienen un efecto significativo en la salud, dentro de esta categoría se encuentran las actividades como el tratamiento de aguas residuales, compostaje, las cuales se ubican dentro de perímetro urbano y rural de un asentamiento poblacional (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, 2018).

2.3.1.3. Fuentes Naturales

En esta categoría se agrupan las emisiones que provienen de volcanes, océanos, suelos, microorganismo y plantas, estas emisiones tienen un rol fundamental dentro de la química de la troposfera, los principales gases emitidos son el NO_x, hidrocarburos no metanogénicos como isoprenos, monoterpenos y otros compuestos orgánicos volátiles, CH₄, CO₂, CO y compuestos en cuya estructura se encuentre presente el nitrógeno y azufre (Contreras et. al., 2013, p.7).

2.3.2. Fuentes móviles

En esta categoría se encuentran todos los equipos o maquinarias que poseen un motor a combustión o mecanismos similares los cuales les permite desplazarse de un punto a otro, los distintos tipos de vehículos y automotores son los principales agentes emisores de óxidos de nitrógeno, dióxidos de azufre, monóxido de carbono y compuestos orgánicos volátiles entre otros contaminantes (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, 2014).

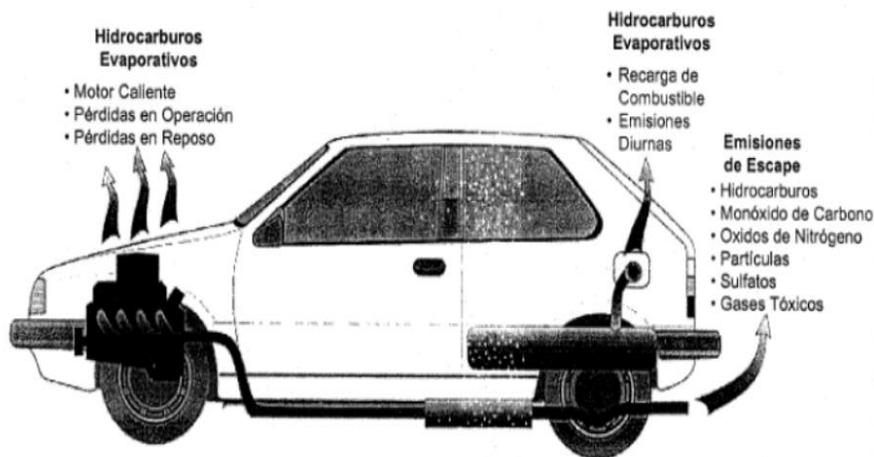


Figura 2-2. Proceso de emisiones en vehículos
Fuente: RADIAN INTERNATIONAL, 2000

2.4. Gases contaminantes de la atmósfera

2.4.1. Monóxido de carbono

Es un gas incoloro, inodoro e insípido con una densidad menor que el aire, se produce al utilizar algún tipo de combustible como gas natural, propano o petróleo, tiene la capacidad de unirse con la hemoglobina en el torrente sanguíneo formando la carboxihemoglobina por lo que su inhalación resulta peligrosa (Aránguez, et al., 1999, p.126).

2.4.2. Dióxido de azufre

Gas incoloro, irritante, no inflamable que posee un olor penetrante y una densidad 2 veces mayor que el aire, se produce en actividades que involucren la combustión de derivados del petróleo, centrales eléctricas y calefacciones, la exposición a este tipo de contaminantes puede terminar en afectaciones a la salud como irritación en la vías respiratorias, edema pulmonar y colapso respiratorio producto de inhalación (Nuñez, 2001, p.88).

2.4.3. Óxidos de nitrógeno

El monóxido de nitrógeno y el dióxido son gases no inflamables que a temperatura ambiente no presentar color o tonalidades pardas, su fuente principal son los escapes de los vehículos y de procesos de combustión (Agencia para sustancias tóxicas y Registro de enfermedades, 2016).

Al estar en contacto con otros gases presentes en la atmósfera estos se degradan de forma rápida, el dióxido de nitrógeno al reaccionar con la luz solar forma smog y ozono, al reaccionar con sustancias que se producen por reacciones fotoquímicas forma ácido nítrico el cual es el principal componente de la lluvia ácida (Aránguez, 1999, p.126).

2.4.4. Material particulado 10

Abarca partículas líquidas y sólidas (polvo, cenizas, sulfatos, polen, nitratos y agua) que tiene un diámetro menor a los 10µm, las cuales debido a su densidad permanecen suspendidas en el aire, una exposición prolongada a este tipo de partículas provoca afectaciones al sistema respiratorio y cardiovascular (Instituto para la salud Geoambiental, 2013).

2.4.5. Material particulado 2.5

Son partículas con un diámetro menor a 2.5µm, sus diferencias con el material particulado 10 es que provienen principalmente de actividades antropogénicas y son mucho más tóxicos ya que se encuentran metales pesados y compuestos orgánicos por lo que tiene una mayor afectación a la salud humana (Ecologistas en acción, 2008).

El material particulado causa daños ambientales ya que se depositan dentro de cuerpos de agua o suelos, en cantidades considerables pueden llegar a alterar el equilibrio natural del medio, generan daños en materiales con los que fueron construidos monumentos o edificaciones ya que al acumularse aceleran los procesos de corrosión (Instituto para la salud Geoambiental, 2013).

2.4.6. Dióxido de carbono

Este gas inorgánico denso, incoloro y con reactividad baja se produce en las maquinarias o motores que emplean para su funcionamiento la combustión de diésel, gasolina o gas. El aumento de este gas en la composición de la atmósfera es el indicador mejor documentado del desarrollo del cambio climático global, su aumento está relacionado al incremento de uso de combustibles fósiles, se buscan nuevas alternativas energéticas que permitan la sustitución de este tipo de tecnologías pasadas y poco amigables con el ambiente (Medina, 2010, p.50).

2.5. Contaminantes biogénicos

Las 3 categorías están distribuidas en función del tiempo de vida promedio, los isoprenos tiene un tiempo de vida de entre 1-2 horas, los monoterpenos por otra parte su tiempo oscila entre 0.5-3 horas, y los otros compuestos orgánicos volátiles pueden llegar a tener una duración en el ambiente de hasta 1 día (Guenther, et.al., 1995, p.4).

2.5.1. Isoprenos

Pertenecen a la familia de los alquenos, es un compuesto altamente volátil, si se encuentra a temperatura ambiente se presenta como un líquido incoloro, en contacto con el aire es altamente reactivo y se polimeriza de forma explosiva si se calienta, la cantidad producida por las especies vegetales depende de la masa vegetal de las hojas, área, luz y temperatura, el mayor porcentaje de las emisiones de isoprenos se presentan durante las horas del medio día (Tiiva, 2008, p. 42).

2.5.2. *Monoterpenos*

Se encuentran formados por 2 unidades de isoprenos, estos compuestos son producidos por las especies vegetales durante el proceso de fotosíntesis, en su mayoría presentan estructuras multicíclicas que se diferencian por la presencia del grupo funcional y por la estructura del esqueleto de carbonos, reaccionan con el agua para formar ácidos débiles los cuales interactúan en las capas superficiales del suelo, el uso de estos compuestos en la industria farmacéutica ha sido asociado con la mejora del sistema inmunológico y efectos antibacterianos (Tiiva, 2008, p.44).

2.5.3. *Otros compuestos orgánicos volátiles*

Dentro de este grupo encontramos a todos los hidrocarburos que tienden a mantenerse en su forma gaseosa a temperatura ambiente y que presentan una alta volatilidad, dentro de su estructura química presenta una cadena de 12 átomos de carbono o menos, algunos de estos compuestos en conjunto con los óxidos de nitrógeno y luz solar actúan a manera de precursores del ozono cerca al suelo (Farré, et. al., 2016, p.856).

Las plantas utilizan estos compuestos para formar relaciones con hongos y bacterias, estudios demuestran que los COVS emitidos por las plantas determinan que tipo de microorganismos pueden desarrollarse alimentándose de los mismos, esta misma microbiota produce sus propios compuestos los cuales ayudan a la planta en su crecimiento, resistencia a plagas o efectos antimicrobianos (CREAF, 2016).

2.6. Inventario de emisiones

Es un instrumento utilizado para la cuantificación de las emisiones liberadas a la atmósfera, para su desarrollo se consideran una variedad de fuentes de emisión entre fijas, móviles y de área para una determinada zona de análisis y período de tiempo lo que permite generar un pronóstico de la calidad del aire mediante la aplicación de un modelo matemático específico (Cárdenas y Kaslin, 2006, p.26).

Existen diversos tipos de inventarios de emisiones y estos se clasifican acorde a la planificación con la que los mismo hayan sido diseñados, al tipo de contaminante que se considere para su desarrollo o su uso, de la misma manera existen distintas metodologías para su elaboración.

2.6.1. Tipos de inventarios de emisiones

2.6.1.1. Según los contaminantes de criterio y gases de efectos invernadero

En este tipo de inventario se incluye los contaminantes criterio dentro de los cuales se encuentran los óxidos de nitrógenos y azufre, compuestos orgánicos volátiles diferentes al metano, material particulado 10 y 2,5, partículas suspendidas totales, monóxido de carbono, amoníaco, entre otros. Los gases de efecto invernadero conocidos por sus siglas GEI se dividen en 2 grupos, los directos, dentro de esta categoría se encuentra el dióxido de carbono, metano y dióxido nitroso. La otra categoría recibe el nombre de gases de efecto invernadero directos fluorados, aquí se encuentran los hidrofluorocarbonos, perfluorocarbonos y los hexafluoruro de azufre. Todos estos gases se emiten en pequeñas cantidades a la atmósfera, pero tiene un elevado aporte al avance del calentamiento global. Este tipo de inventarios se desarrollan para ciudades con una gran extensión o con un nivel alto de población (CVC,2015).

2.6.1.2. Según el diseño de sistemas de vigilancia de calidad de aire (SVCA)

Este tipo de inventarios se desarrollan con la finalidad que el producto final sirva como base para el diseño de sistemas de monitoreo de la calidad de aire, de esta forma se pueden crear campañas de monitoreo de emisiones atmosféricas que puedan ser aplicadas en periodos de tiempos ya establecidos o que permitan desarrollar redes de monitoreo en tiempo real (MinAmbiente, 2017, p.19).

2.6.1.3. Según el programa de gestión de calidad de aire

Estos inventarios son desarrollados con el objetivo de estimar las emisiones generadas por actividades industriales y afines de una determinada área de estudio, para luego con base en esa información crear estrategias o planes que busquen disminuir los niveles de emisión de contaminantes, su elaboración y desarrollo está a cargo de entidades de control en materia ambiental, universidades y centros de investigación dedicados al control y monitoreo de la calidad de aire (MinAmbiente, 2017, p.19).

2.6.1.4. Desarrollo de normas o modelación

Como su nombre lo indica este tipo de inventarios son desarrollados con la finalidad de obtener una línea base que permita efectuar la posterior modelación de la calidad del aire y el desarrollo de normas que establezcan los límites máximos permisibles de emisión de uno o varios contaminantes, generalmente son desarrollados o están a cargo de entidades de control que juegan un rol importante dentro de la materia ambiental (MinAmbiente, 2017, p.20).

2.6.2. Metodologías para el desarrollo de inventario de emisiones

La elección de una metodología por sobre otra para el desarrollo de un inventario de emisiones está condicionada por la información disponible de las fuentes significativas de emisión y por el propósito con el que sea elaborado. Las 2 metodologías que existen se detallan a continuación.

2.6.2.1. Top-down

Esta metodología también recibe el nombre de aproximación de “arriba hacia abajo”, para su desarrollo se parte de información general la puede ser a nivel nacional o regional para luego llegar al cálculo de emisiones de un sector específico, dentro de esta metodología es común el uso de factores de emisión asociados a la actividad o industria correspondiente, estos factores ya se encuentran establecidos en estudios por organización como la agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos entre otras (García, 2009, p.83).

2.6.2.2. Bottom up

Conocida como aproximación “de abajo hacia arriba”, esta metodología es opuesta a la anteriormente descrita, toma como punto de inicio información de las fuentes de emisión significativas de forma individual para llegar a las emisiones totales de un sector o industria específica, emplea factores de emisión para el cálculo de las emisiones y el uso de modelos computacionales como el caso del software Internacional Vehicules Emissions para el caso de fuentes móviles (García, 2009, p.84).

CAPÍTULO III

3. MARCO METODOLÓGICO

3.1 Zona de estudio

El cantón Riobamba es la capital de la provincia de Chimborazo, ubicado en la zona central de la región Sierra, está formado por 16 parroquias, de las cuales 5 son rurales y las 11 se consideran como urbanas con una extensión total de 990 km². Este cantón cuenta con una población de 225.741 habitantes según el censo de INEC para el año 2010 (GADPCH, 2015).

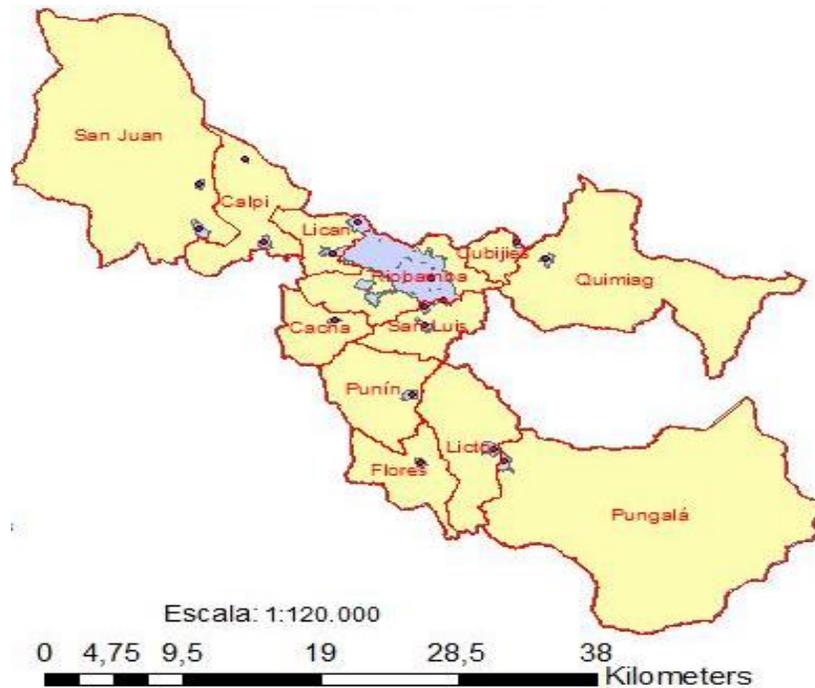


Figura 1-3. Zona de estudio
Realizado por: Cedeño, Cristófer. 2021

3.2. Herramientas utilizadas

Para el desarrollo del inventario de emisiones se considerarán las fuentes móviles que abarcan las emisiones provenientes del parque automotor, las fuentes fijas donde se consideran las emisiones generadas por la industria ECUACERÁMICA y el relleno sanitario de Porlón, y fuentes de área donde se incluye las emisiones producto de las actividades relacionadas al funcionamiento de las estaciones de servicio, consumo de GLP, extracción de caliza, dentro de esta última categoría se incluirá las fuentes biogénicas, la elección de estas fuentes de emisión mantiene la línea de estudios presentada en investigaciones anteriores realizadas en el país, citando como ejemplos el Inventario de emisiones atmosféricas del cantón Ibarra Año base 2015 (Reyes y Tito, 2017, p.1) e inventario preliminar de emisiones de contaminantes de aire con año base 2010 (MAE, 2014, p.1).

3.2.1. Fuentes móviles

- Encuesta
- Software IVE versión 2.0.2
- Software Speed Emissions Evaluations
- GPS

3.2.3. Fuentes fijas

- Información bibliográfica referente al relleno sanitario Porlón, año 2019
- Monitoreo de calidad de aire interno “ECUACERAMICA” año 2019.

3.2.4. Fuentes de Área

- Software Qgis 3.16.8
- Mapa de uso de suelo de Chimborazo año 2019
- Boletín “El petróleo en cifras año 2019” de la Asociación de Industria Hidrocarburíferas del Ecuador.
- Información proporcionada por EP PETROECUADOR sobre los despachos para la comercializadora MENDOGAS.
- Informe de producción año 2019 de la cantera Shobol Central.

3.3. Etapas de la investigación

3.3.1. Evaluación de las condiciones meteorológicas

Para conocer las condiciones de temperatura y radiación que estuvieron presentes en el cantón de Riobamba durante el año 2019 se evaluará la información suministrada por las estaciones meteorológicas de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Quimiag, San Juan, Aloag y Tunshi. Con estos datos se establecerá una base de datos de temperatura y radiación de forma mensual durante todo el año de estudio. Esta información a su vez será ocupada para el desarrollo del apartado de estimación de emisiones de origen biogénico (Guenther et. al., 1999, p.8873).

Se realizará una evaluación estadística descriptiva empleando el software SPSS, este instrumento permite realizar un análisis cuantitativo de una gran cantidad de datos utilizando muestras mayores y añadiendo más variables (Bausela, 2005, p.63). Para el desarrollo de esta investigación se requerirá conocer los valores promedios mensuales de los parámetros ambientales anteriormente mencionados adicional el cálculo de la desviación mostrará el comportamiento de los datos en relación a su valor medio mensual. (Pérez, 2015, p.92) Estos resultados serán comparados con estudios o anuarios previamente publicados para su respectiva validación.

3.3.2. Fuentes móviles

La metodología aplicada para la obtención de los datos requeridos por el modelo Internacional de Emisiones Vehiculares (Modelo IVE) se manejó acorde a los contenidos especificados en el Manual del Usuario del Modelo IVE, versión 2.0 publicado en el año 2008 (ISSRCORG, 2008).

3.3.2.1. Determinación de la muestra

Para determinar el número de conductores y conocer sus hábitos de manejo e información sobre el parque y tecnología vehicular del Cantón Riobamba se empleó la ecuación 1-1 (Cárdenas y Kaslin, 2006, p.83).

$$n = \frac{Z^2 * N * p * q}{e^2 * (N-1) * Z^2 * p * q} \quad (\text{Ecuación 1-1})$$

Donde:

n: muestra

Z: nivel de confianza

N: población

p: probabilidad a favor

q: probabilidad en contra

e: error de estimación

3.3.2.2. Aplicación de encuesta

La encuesta consta con 20 preguntas y será dirigida a choferes de todo tipo de vehículos que se encuentren dentro del cantón Riobamba, aplicada de forma digital mediante el uso de la herramienta informática denominada Formularios de Google y posteriormente distribuida hasta completar la muestra requerida. El modelo de encuesta aplicada se encuentra el ANEXO A.

3.3.2.3. Cálculo de bins

Para calcular los bins se empleó el software Speed Emissions Evaluations, los datos de entrada que requiere son la velocidad de desplazamiento del vehículo y su altitud a cada segundo mientras este en movimiento. (ISSRCORG, 2008, p.29). Estos datos se tomaron con GPS en las 3 rutas diferentes establecidas para el estudio.

Ruta 1: Inicia en la Avenida Daniel León Bora (sector Hotel Zeus) hasta la Avenida Alfonso Chávez y Diego Rivera. Esta ruta fue asignada a un vehículo tipo Camioneta. Ruta denota en color azul el mapa.

Ruta 2: Inicia en la Avenida Unidad Nacional (sector Parque Guayaquil) hasta las calles Alvarado y Olmedo. Esta ruta fue cubierta por un vehículo tipo Bus. Ruta denotada en color amarillo en el mapa.

Ruta 3: Inicia en la Avenida 9 de octubre (sector Mega Estación de servicios), cubriendo la calle Melchor Guzmán hasta la calle Chile. Esta ruta fue cubierta por un vehículo tipo Motocicleta y Camión. Ruta denotada en color rojo en el mapa.

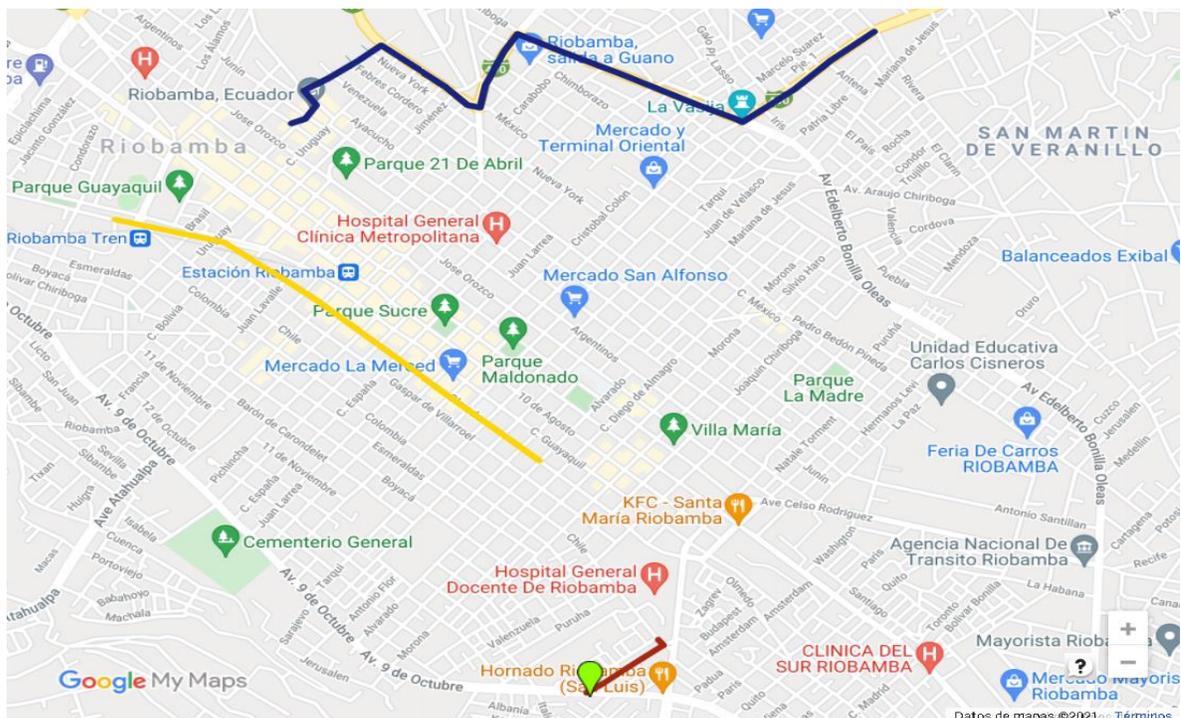


Figura 2-3. Rutas propuestas para el estudio.
Realizado por: Cedeño, Cristofer, 2021.

3.3.2.4. Factores ambientales

Esta información fue suministrada por la Estación Agrometeorológica de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, se ocupó información del día 20 de septiembre del 2020, fecha que coincide con la toma de datos de velocidad y altitud segundo a segundo, los factores que se consideraron fueron la temperatura expresada en grados Celsius, altitud y humedad del cantón (ISSRCORG, 2008, p.22).

La tabla 1-3 muestra los valores de temperatura y humedad presentes para el día de la toma de valores de velocidad y altitud segundo a segundo.

Tabla 1-3: Factores ambientales considerados para el cálculo de emisiones.

Parámetro	Valor	Unidad
Temperatura	13,6	°C
Humedad	69,1	%

Realizado por: Cedeño Cristofer, 2021.

3.3.2.5. Creación del archivo flota

La interfaz que maneja el modelo IVE requiere la clasificación de las tecnologías vehiculares en base a distintas características de los automotores, como combustible, tamaño del vehículo, tipo, sistema de inyección, sistema de control de emisiones en caso de poseerlo y su kilometraje (ISSRCORG, 2008, p.33). Toda esta información se obtendrá de las respuestas de la encuesta aplicada. IVE presenta un índice con las combinaciones de todas estas características, se establecerá una clasificación para cada categoría vehicular por separado.

3.3.2.6. Creación del archivo localidad

Se ingresará información sobre las características de los combustibles, altitud de la ciudad de estudio obtenida de los datos tomados con el GPS, la distancia recorrida por cada categoría vehicular, número de partidas de las flotas vehiculares, las características de conducción en base al cálculo de bins, velocidad promedio de desplazamiento y la distribución de tiempo de Soak (ISSRCORG, 2008, p.29).

La característica de los combustibles se obtiene de las normas NTE INEN 1489, Productos derivados del petróleo. Diésel. y Requisitos y de la norma NTE INEN 935, Productos derivados del petróleo. Gasolina. En su contenido se especifica los valores de azufre, plomo, benceno y oxígeno que posee cada tipo de combustible.

La tabla 2-3 y 3-3 que se muestran a continuación especifican los parámetros de la composición química de diésel y gasolina que se comercializan en Ecuador.

Tabla 2-3: Características químicas de la Gasolina.

Parámetro	Valor
Clase	Moderado/premezcla
Azufre (S)	600ppm
Plomo (Pb)	Ninguno
Benceno	Moderado (1.5%)
Oxigenados	2.5%

Fuente: NTE INEN 935, 2016.

Realizado por: Cedeño, Cristófer, 2021.

Tabla 3-3: Características químicas del Diésel.

Parámetro	Valor
Clase	Moderado
Azufre (S)	500ppm

Fuente: NTE INEN 1489:202.

Realizado por: Cedeño, Cristófer, 2021.

La altitud del cantón Riobamba de es de 2750 msnm (INEC, 2010), la distancia recorrida por las diferentes categorías vehiculares, el número de partidas, velocidad promedio de desplazamiento y distribución de tiempo de SOAK y demás información asociada a patrones de conducción se obtendrá de la información proporcionada por la muestra encuestada para el estudio.

Cada flota vehicular maneja una distribución de tiempo de SOAK, según (ISSRCORG, 2008, p.46), se define al tiempo como el tiempo en el que motor a estado apagado hasta que este es encendido nuevamente. El Modelo IVE ya establece los intervalos de tiempo los cuales son 15 y 30 minutos, 1, 2, 3, 4,6, 8, 12 y 18 horas los cuales se los expresa en porcentaje para cada flota vehicular.

3.3.2.7. *Cálculo de emisiones*

Las emisiones se expresan en kg/día, el modelo IVE agrupa los distintos contaminantes dentro de 3 categorías las cuales son Contaminantes Criterio donde se encuentran gases como CO, VOC, VOC evap., NO_x, SO_x y PM, los Contaminantes Tóxicos que se calculan son el plomo, 1,3 Butadieno, Acetaldehidos, Formaldehidos, NH₃ y Benceno. y en la categoría de gases de Calentamiento global se encuentran CO₂, N₂O Y CH₄ (ISSRCORG, 2008, p.5).

En el desarrollo de este estudio se considerarán las emisiones de los gases de Dióxido de carbono (CO₂), monóxido de carbono (CO), Material particulado (PM), óxidos de nitrógeno (NO_x) y óxidos de azufre (SO_x). Según ((Cárdenas y Kaslin, 2006, p.23).) el uso de combustibles fósiles libera al ambiente estos gases los que provoca el incremento del efecto invernadero y a su vez afectaciones en el medioambiente y salud humana.

3.3.3. Fuentes de área

Dentro de esta categoría se considerará a las actividades relacionadas con el consumo de gas licuado de petróleo (GLP), estaciones de servicio, extracción de caliza y fuentes biogénicas. Para el cálculo de las emisiones biogénicas que empleará la metodología de Guenter (Guenther et. al., 1999, p.8870).

La metodología anteriormente mencionada se describe a continuación:

3.3.3.1. Obtención de datos

Se realizará una malla de muestreo usando QGis, dividiendo en celdas las cuales tendrán un área de 1 km², cubrirán en su totalidad el área correspondiente al cantón Riobamba.

La información se obtendrá de las estaciones meteorológicas ESPOCH, Quimiag, San Juan, Aloag y Tunshi, para establecer una base datos de temperatura y radiación de cada mes durante el año 2019, esta información luego será interpolada con el mapa de uso de suelo suministrado por el GADM de Riobamba. Esta base de datos será el punto de partida para la aplicación de la metodología de Guenter usada estimar las emisiones biogénicas de isoprenos, monoterpenos y otros compuestos orgánicos volátiles (OCOVs).

Para estimar las emisiones biogénicas se utilizó el valor correspondiente a de la radiación fotosintéticamente activa “PAR”, esta comprende las longitudes de ondas del espectro que resulta visible (400 a 700 nanómetros) y el cual es empleado por las especies vegetales para los procesos fotosintéticos y producción de carbohidratos (Zapata, 2017, p.62). Para los cálculos efectuados se emplea el valor correspondiente al 50% de la radiación registrada y reportada.

La figura 3-3 muestra el mapa de uso de suelo del cantón Riobamba, el uso de suelo de mayor extensión corresponde al Páramo con un 22%.

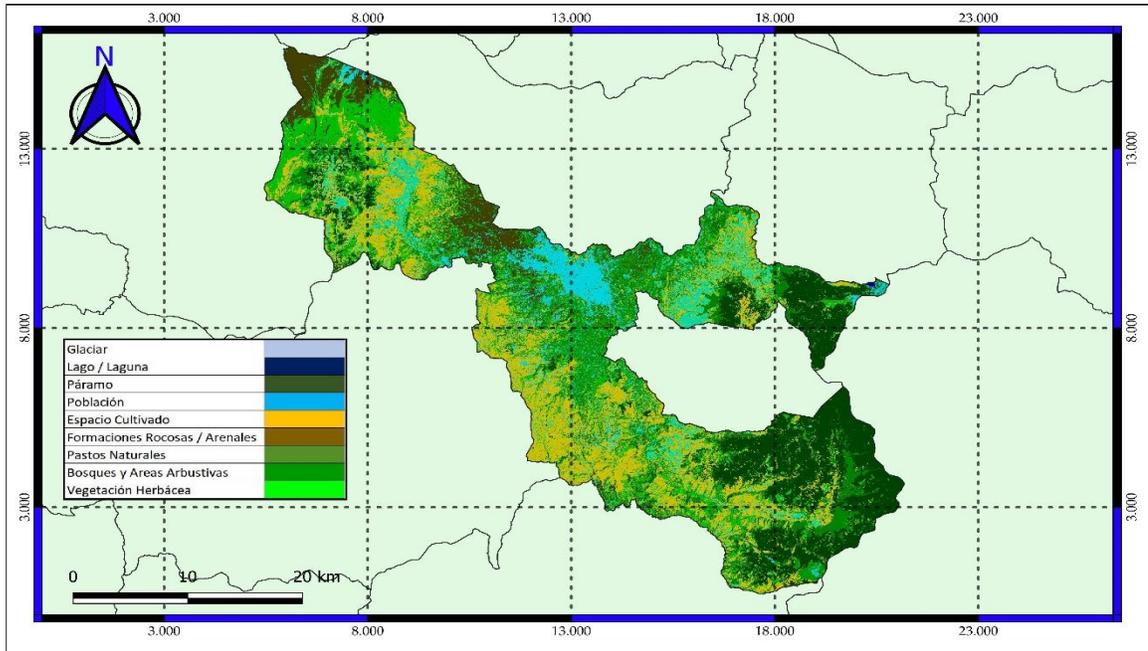


Figura 3-3 Mapa de uso de suelo, Cantón Riobamba
Realizado por: Cedeño, Cristofer. 2021

Se crearon 979 celdas de 1km² las cuales el uso de suelo se detalla a continuación en la tabla 4-3.

3.3.3.2. Especies vegetales por uso de suelo

Se asignan las especies vegetales más representativas para cada uso de suelo, las mismas están descritas en la tabla 4-3.

Tabla 4-3: Tipo de vegetación para cada estrato de la Sierra Ecuatoriana.

Uso	Categoría	Especie vegetal
1	Especies de transición	Vegetación siempre verde, <i>Ananas Comosus</i> , <i>Passiflora edulis</i> .
2	Pasto Natural	<i>Olcus lanatus</i> , <i>Carex muricata</i> , <i>Paspalum sp.</i>
3	Vegetación Arbustiva	<i>Aloe vera</i> , <i>Escallonia mirtilloides</i> , <i>Buddleja Incan</i>
4	Cultivos de ciclo corto	<i>Pisum sativum</i> , <i>Hordeum vulgare</i> , <i>Phaseolus vulgaris L</i> , <i>Vicia faba</i> , <i>Solanum tuberosum</i> , <i>Triticum spp</i> , <i>Manihot utilissim</i> , <i>Daucus carota</i> , <i>Allium cepa</i> , <i>Triticum spp</i> , <i>Hordeum vulgare</i> , <i>Phaseolus vulgaris L</i> , <i>Vicia faba</i> , <i>Pisum sativum</i> , <i>Brassica oleracea var. Italica</i> , <i>Lactuca sativa L</i> , <i>Avena sativa</i> , <i>Brassica oleracea var. Viridis</i> , <i>Beta vulgaris var. Conditiva</i> , <i>Zea mays</i> , <i>Solanum tuberosum</i> .
5	Páramo	<i>Polylepis</i> , <i>Halenia weddeliana</i> , <i>Calamagrostis intermedia</i> , <i>Chuquiragua jussieui</i> , <i>Oritrophium peruvianum</i> , <i>Diplostephium glandulosum</i> , <i>Dorobaea pimpinellifolia</i> , <i>Gynoxys cuicochensis</i> , <i>Gynoxys miniphylla</i> , <i>Valeriana microphylla</i> , <i>Valeriana plantaginea</i> , <i>Valeriana rigida</i> .
6	Bosque Natural	<i>Carapa guianensis</i> , <i>Eschweilera</i> , <i>Anthurium mindense</i> , <i>Anthurium gualeanum</i> , <i>Gunnera pilosa</i> , <i>Bocconia integrifolia</i> , <i>Piper aduncum</i> , <i>Miconia crocea</i> , <i>Cedrela montaña</i> , <i>Chusquea scandens</i> , <i>Puya glomerifera</i> , <i>Centropogon calycinus</i> , <i>Meriania maxima</i> , <i>Cinnamomum palaciosii</i> , <i>C. triplinerve</i> , <i>Freziera canescens</i> , <i>Cotula australis</i> , <i>Critoniopsis palaciosii</i> , <i>Tournefortia fuliginosa</i> , <i>Vallea stipularis</i> , <i>Oreopanax ecuadorensis</i> , <i>Tournefortia scabrina</i> , <i>Podocarpus oleifolius</i> , <i>Cortadeira spp</i> , <i>Brachyotum ledifolium</i> , <i>Baccharis latifolia</i> , <i>Polylepis reticulata</i> , <i>Lichene</i> , <i>Weinmannia fagaroides</i> .
7	Bosque Plantado	<i>Pinus radiata D</i> , <i>Eucalyptus globulus L</i> .
8	Cultivos tropicales	<i>Saccharum officinarum</i> , <i>Elaeis guineensis</i> .
9	Frutales	<i>Citrus sinensis</i> , <i>Musa sapientum</i> , <i>Cyphomandra betacea</i> , <i>Prunus persica</i> , <i>Malus doméstica</i> , <i>Pyrus communis L</i> , <i>Persea americana</i> , <i>Carica pentagona</i> , <i>Fragaria vesca</i> .
10	Pasto Cultivado	<i>Pennisetum purpureum</i> , <i>Brachiaria decumbens</i> , <i>Axonopus scoparius</i> , <i>Panicum máximum</i> , <i>Axonopus micay</i> , <i>Eriochloa polystachya</i> , <i>Echinochloa polystadiya</i>
11	Bosque intervenido	<i>Cortaderia sp</i> , <i>Pteridium arachanoideum</i> , <i>Baccharis sp</i> , <i>Rubus spp</i> , <i>Terminalia oblonga</i> , <i>Sapium sp.</i> , <i>Guárea guidonia</i> , <i>Guadua angustifolia</i> , <i>Ochoroma pyramidale</i> , <i>Trichilia havanensis</i> , <i>Cordia alliodora</i>

Realizado por: Cedeño Cristófer, 2021.

Para obtener los datos sobre las especies vegetales perteneciente a cada uso de suelo se ocuparon estudios e información ya señalada con anterioridad de autores como (Báez, Salgado, & Janeth, 2010), (Casanova, 2010), (Lozano, 2011) y (Cueva & Chalán, 2010).

3.3.3.3. Factores de emisión de las especies vegetales

Estos valores se obtendrán de inventarios históricos realizados por la Universidad de Lancaster y del trabajo de titulación denominado Evaluación las Emisiones de compuestos orgánicos volátiles no metanogénicos de origen biogénico en la provincia de Tungurahua en el año 2015.

No todas las especies vegetales presentes en el Cantón Riobamba poseen información sobre sus factores de emisión. En la tabla 5-3 se detallan las especies vegetales y los factores de emisión utilizados para este estudio.

Tabla 5-3: Factores de emisión de Isoprenos, monoterpenos y OCOV de especies vegetales de la Sierra ecuatoriana (1 de 2).

Especie vegetal	Isoprenos	Monoterpenos	OCOV
<i>Valeriana sp.</i>	1	1	1,6
<i>Bocconia integrifolia</i>	0	0	
<i>Cinnamomum palaciosii</i>	0	0,02	NI
<i>Pinus sylvestris L</i>	0,1	2,5	1,9
<i>Eucalyptus globulus Labill</i>	79	3,4	1,8
<i>Solanum tuberosum</i>	0	0,6	0
<i>Elaeis guineensis</i>	172,9	0	1,5
<i>Citrus sinensis</i>	0	1,8	1,5
<i>Theobroma cacao</i>	0	0	NI
<i>Coffea sp.</i>	0	0	1,5
<i>Musa sapientum</i>	0	0	NI
<i>Cyphomandra betacea</i>	0	0	1,5
<i>Prunus pérsica</i>	0	0,935	NI
<i>Malus domestica</i>	0	0,6	NI
<i>Cyphomandra betacea</i>	0	0	NI
<i>Pyrus communis L</i>	0	0,6	NI
<i>Citrus limonum Risso</i>	0	0	NI
<i>Persea Americana</i>	0	0	NI
<i>Carica pentagona</i>	0	0	NI
<i>Fragaria vesca</i>	0	0	NI
<i>Rubus glaucus</i>	0	0	NI

Condiciones de temperatura de 30 °C y PAR de 1000 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ (*)).

Condiciones de temperatura de 30 °C (**).

No posee Información alguna (NI).

Fuente: Lancaster, 2002.

Realizado por: Cedeño Cristófer, 2021.

Tabla 5-3: Factores de emisión de Isoprenos, monoterpenos y OCOV de especies vegetales de la Sierra ecuatoriana (2 de 2).

Especie vegetal	Isoprenos	Monoterpenos	OCOV
<i>Lycopersicon lycopersicum</i>	0	28,2	1,5
<i>Aster alpines</i>	0	0	1,5
<i>Dianthus caryophyllus</i>	0	0	1,5
<i>Delphinium</i>	0	0	1,5
<i>Rosa spp</i>	0	0	1,5
<i>Limonium sinuatum</i>	0	0	1,5
<i>Zantedeschia aethiopica</i>	0	0	1,5
<i>Moluccella laevis</i>	0	0	1,5
<i>Triticum spp</i>	0	0	NI
<i>Hordeum vulgare</i>	0	0	NI
<i>Phaseolus vulgaris L</i>	0	0	NI
<i>Vicia faba</i>	0	0	1,5
<i>Pisum sativum</i>	0	0	NI
<i>Brassica oleracea</i>	0	0	NI
<i>Lactuca sativa L</i>	0	0	NI
<i>Avena sativa</i>	0,01	0,26	NI
<i>Brassica oleracea</i>	0	0	NI
<i>Beta vulgaris</i>	0	0	NI
<i>Brassica oleracea</i>	0	0	NI
<i>Baccharis latifolia</i>	0,1	0,1	NI
<i>Eugenia sp</i>	110		NI
<i>Citrus limonum</i>	0		NI
<i>Citrus sinensis</i>	0	1,8	1,5
<i>Cyphomandra betacea</i>	0		1,5
<i>Prunus pérsica</i>	0	0,935	NI
<i>Malus domestica</i>	1	0,6	NI
<i>Pyrus communis L</i>	0	0,6	NI

Condiciones de temperatura de 30 °C y PAR de 1000 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ (*)

Condiciones de temperatura de 30 °C (**).

No posee Información alguna (NI).

Fuente: Lancaster, 2002.

Realizado por: Cedeño Cristofer, 2021.

3.3.3.4. Factores de emisión por uso de suelo

Los valores obtenidos para Isoprenos, Monoterpenos y OCOVs resultaron de promediar cada uno de los factores de emisión de la o las especies vegetales presentes en cada uso de suelo. Los resultados se presentan en la tabla 6-3.

Tabla 6-3: Factores de emisión por uso de suelo del cantón Riobamba.

Uso	Categoría	Factor de emisión (ug g ⁻¹ h ⁻¹)		
		Isoprenos	Monoterpenos	OCOV
1	Especies de transición	0	0	0
2	Pasto Natural	0	0	0
3	Vegetación Arbustiva	0	0	0
4	Cultivos de ciclo corto	0,0008	0,1046	1,13
5	Páramo	1	1	1,6
6	Bosque Natural	0,033	0,04	0
7	Bosque Plantado	70	3,4	1,8
8	Cultivos tropicales	172,9	0	1,5
9	Frutales	0	0,98	1,5
10	Pasto Cultivado	0	0	0
11	Bosque intervenido	0,05	0,05	0
12	Área urbana	22	1,95	0,64

Realizado por: Cedeño Cristófer, 2021.

3.3.3.5. Densidad foliar de las especies vegetales en el Cantón Riobamba

La información respecto a la biomasa foliar se obtendrá de los contenidos presentados en la tesis Determinación de la Biomasa Foliar de especies Vegetales. Estos valores serán ocupados en función de los usos de suelos que se presenten dentro del área de estudio.

La tabla 7-3 muestra los distintos usos de suelo en conjunto con el valor promedio de la densidad foliar para cada un expresado en $g \cdot m^{-2}$.

Tabla 7-3: Densidad foliar de las especies vegetales en Chimborazo.

Uso de Suelo	Promedio anual (g/m ²)
Bosque Natural	485
Bosque Intervenido	200
Cultivos de ciclo corto	61,5
Frutales	153
Pasto Cultivado	15
Arboricultura Tropical	398
Páramo	145
Maíz	190
Vegetación Arbustiva	150
Papa	16
Caña de azúcar	111
Pasto Natural	159
Bosque Plantado	361,8
Área Urbana	15
Zona erosionada	0

Fuente: Pérez, 2019.

Realizado por: Cedeño Cristofer, 2021.

3.3.3.6. Determinación de emisiones de COVs

La determinación de las emisiones provenientes de compuestos biogénicos se realizará mediante el método de Guenther, esta metodología emplea una serie de ecuaciones matemáticas para el cálculo de las emisiones de 3 gases, isoprenos, monoterpenos y otros compuestos orgánicos volátiles también llamados OCOVs (Guenther et al., 1999, p.8879). Las ecuaciones empleadas para cada caso se describen a continuación:

3.3.3.7. Isoprenos

El modelo de Guenther para el cálculo de emisiones de isopreno se rige por la ecuación 2-3.

$$E_{\text{iso}}(\text{k, horario}) = EF_{\text{j}}^{\text{iso}} \times ECF(\text{T,P}) \times FBD_{\text{j}} \times A \quad (\text{Ecuación 2-3})$$

Donde:

α = área de cada celda

FBD_{j} = densidad de la biomasa foliar de la categoría j de uso de suelos (g/m^2)

$ECF(\text{T,P})$ = es el factor de corrección ambiental perteneciente a la temperatura y PAR (Adimensional)

$EF_{\text{j}}^{\text{iso}}$ = factor de emisión del isopreno con la categoría j de uso de suelo.

$E_{\text{iso}}(\text{k, cada hora})$ = es la emisión de isopreno de cada hora en la celda kth.

El factor de corrección es calculado usando la ecuación 3-3.

$$(T, P) = C_T * C_P \quad (\text{Ecuación 3-3})$$

Donde:

$ECF(T, P)$ = Factor de correlación

C_T = Factor de corrección correspondiente a la temperatura.

C_P = Factor de corrección para el PAR. Estos factores están definidos por las siguientes ecuaciones:

El factor de corrección correspondiente a la temperatura es calculado usando la ecuación 4-3 y el factor de corrección para la radiación es calculado usando la ecuación 5-3.

$$CL = \frac{\alpha * CL1 * L}{\sqrt{1 + a2 * L2}} \text{ (Ecuación 4-3)}$$

$$Cp = \frac{\exp\left(\frac{CT1 * (T - TS)}{R * TS * T}\right)}{\sqrt{1 + a2 * L2}} \text{ (Ecuación 5-3)}$$

Donde:

A= 0.0027

CL1= 1.066

CT1= 95 000 Jmol⁻¹

CT2= 230 000 Jmol⁻¹

Tm = 314 K

L= PAR ($\mu\text{molm}^{-2}\text{s}^{-2}$) en la celda k

TS= 303k, temperatura en condiciones de referencia

R= 80314 JK⁻¹mol⁻¹ constante universal de los gases

T= Temperatura expresada en grado kelvin, registrada en la celda k

Las emisiones mensuales se obtienen usando la ecuación 6-3.

$$\text{Eiso (K, monthly)} = 30 * \text{Eiso (K, daily)} \text{ (Ecuación 6-3)}$$

Donde:

Eiso (K, monthly) = Emisión de isopreno (g/mes).

Las emisiones anuales son obtenidas de la ecuación 7-3.

$$\text{Eiso (K, annual)} = \sum_{m=1}^{12} \text{Eiso(K, monthly)} \text{ (Ecuación 7-3)}$$

Donde:

Eiso (K, annual)= Emisión anual de isopreno (g/año).

3.3.3.8. Monoterpenos

Para el cálculo de emisiones de monoterpenos se emplea la ecuación 8-3.

$$E_{mon}(k, \text{hourly}) = EF_{jmon} * FBD_j * A \quad (\text{Ecuación 8-3})$$

Donde:

EF_{jmon} = Factor de emisión de monoterpenos asociado con la categoría j (g/gh)

$E_{mon}(k, \text{hourly})$ = Emisión horaria de monoterpenos en la celda kth (g/h)

El factor de corrección ambiental de temperatura se calcula usando la ecuación 9-3.

$$f(T) = \exp(\beta * (T - T_s)) \quad (\text{Ecuación 9-3})$$

Donde:

$\beta = 0.09 \text{ K}^{-1}$ coeficiente empírico.

3.3.3.9. Otros compuestos orgánicos volátiles

Este apartado ocupa las mismas ecuaciones requeridas para los monoterpenos. El cálculo de OCOVs se realiza con la ecuación 10-3.

$$E_{mon}(k, \text{hourly}) = EF_{jmon} * FBD_j * A \quad (\text{Ecuación 10-3})$$

3.3.3.10. Estaciones de servicio

De acuerdo a la información presentada en el boletín “El petróleo en cifras año 2019” de la Asociación de Industria Hidrocarburíferas del Ecuador la intensidad del consumo anual de combustible para la gasolina extra y gasolina súper para la provincia de Chimborazo es de 65 y 2,9 galones/habitante respectivamente (AIHE, 2020, p.31).

Usando esta información como punto de referencia y conociendo que la población proyectada para este cantón es de 261.360 habitantes (INEC, 2010), se estima que los galones consumidos en las distintas estaciones de servicio del cantón ascienden a 757944 galones de gasolina súper y 16988400 galones de gasolina extra durante el año 2019.

Las emisiones generadas por las estaciones de servicio se calculan empleando la metodología establecida en la AP-42 Compilation of Air Pollutant Emission Factors (USEPA, 2016), la cual emplea la ecuación 11-3 para su cálculo.

$$E_j = \frac{3,78 \times VenComb \times FE_j}{1000000000} \quad (\text{Ecuación 11-3})$$

Donde:

E_j = emisión del contaminante expresada en toneladas/año.

$VenComb$ = venta o consumo de combustible expresado en (gal/año)

FE_j = Factor de emisión de COV por la venta o consumo de combustible tipo gasolina (mg/gal)

3.3.3.11. Consumo de GLP

Según la información proporcionada por EP. PETROECUADOR sobre los despachos para la comercializadora MENDOGAS muestran que durante el año 2019 llegaron a sus bodegas 17772660 kg de GLP de uso doméstico (EP. PETROECUADOR, 2020).

Las emisiones de CO₂ generadas por el consumo de GLP de tipo domestico se calculan empleando la metodología establecida en La Guía práctica para el cálculo de emisiones de gases de efecto invernadero Versión 2011 (Oficina Catalana de Canvi Climatic, 2011, p.13) se utiliza la ecuación 12-3 para su cálculo:

$$E_j = \frac{FE_j \times ConsGLP}{1000000} \text{ (Ecuación 12-3)}$$

Donde

E_j= emisión del contaminante expresada en toneladas/año.

FE_j= factor de emisión del contaminante (CO₂: 2,96 kg/kg GLP; CO: 0,00075 kg/kg GLP; NO_x: 0,00441 kg/kg GLP)

ConsGLP= consumo de GLP (kg a⁻¹)

3.3.3.12. Extracción de Calizas

Se considerará la información presente en Informe de producción año 2019 de la cantera Shobol Central, sus datos muestran que la producción anual de este material fue de 156000 toneladas (Castillo, 2020, p.16).

Las emisiones de PM₁₀ se calculan empleando la metodología establecida en la AP-42 Compilation of Air Pollutant Emission Factors (USEPA, 2016), se utiliza la ecuación 13-3 para su cálculo.

$$E_j = FE_j \times Extr \text{ (Ecuación 13-3)}$$

Donde:

E_j = emisión del contaminante expresado en toneladas/año

FE_j = factor de emisión del contaminante (0,15kg/ton)

$Extr$ = cantidad extraída de mineral (ton/año)

3.3.4. Fuentes fijas

3.3.4.1. Relleno sanitario Porlón

Se emplea información presentada por el Gobierno Autónomo Municipal de Riobamba la cual indica que a este relleno sanitario ingresa un promedio de 200 toneladas al día de residuos y que la cantidad de residuos que se depositan al año es de 691244 toneladas (Espín, 2018, p.53). Se considera solo las emisiones de metano (CH₄) y se la desarrolla acorde a la metodología del método por defecto la cual emplea un factor de corrección para el metano (GCE, 2012, p.13).

El cálculo de las emisiones de metano procedentes de residuos sólidos se realiza mediante la ecuación 14-3.

$$\text{Emisiones de CH}_4 \text{ (Gg/año)} = [(\text{RSUT} * \text{Lo}) - \text{R}] * (1 - \text{OX}) \text{ (Ecuación 14-3)}$$

Donde:

RSUT = cantidad total de Residuos Sólidos Urbanos dispuestos en tierra (Gg/año)

Lo = tasa potencial de generación de metano por unidad de residuos (Gg de CH₄/Gg de residuos)]

R = CH₄ recuperado (Gg/año) con valor 0

OX = factor de oxidación con valor 0 por defecto del IPCC

La tasa de generación de metano por unidad de residuos (Lo) se calcula usando la ecuación 15-3.

$$\text{Lo} = \text{MCF} * \text{COD} * \text{CODf} * 16/12 \text{ (Ecuación 15-3)}$$

Donde:

MCF= factor de corrección de metano, valor de 1

COD= Carbono orgánico degradable, valor de 0,15

CODf= Fracción de COD no asimilado, valor de 0,77

16/12= conversión de C a CH₄

3.3.4.2. ECUACERÁMICA

ECUACERÁMICA es una industria ubicada en Riobamba, dentro de sus instalaciones se encuentra un horno continuo de cocción modelo B&T 3200 usado en la Línea N°4 para la fabricación de productos que dentro de sus materiales de construcción ocupan pasta de porcelanato (Carrera, 2020, p.31). El consumo de combustible para los 5 primeros meses del año 2019 se indica en la tabla 8-3.

Tabla 8-3: Consumo de diésel Horno B&T 3200

Mes	Diésel (galones)
Enero	65331
Febrero	58955
Marzo	59057
Abril	64230
Mayo	60671

Fuente: Carrera, 2020.

Realizado por: Cedeño Cristofer, 2021.

En base a esta información se realiza un estimado de consumo mensual de combustible diésel para el horno B&T 3200, el valor de este promedio es de 61648,8 galones y 739785,6 galones de diésel anual. Las emisiones generadas se calculan empleando la metodología establecida en la AP-42 Compilation of Air Pollutant Emission Factors (USEPA, 2016), la cual emplea la ecuación 16-3 su cálculo:

$$E_j = \frac{FE_j \times ConsDie}{2204} \quad (\text{Ecuación 16-3})$$

Donde:

E_j = emisión del contaminante

FE_j = factor de emisión del contaminante (lb/1000 galones)

$ConsDie$ = Consumo de diésel anual (gal/año)

Los factores de emisión establecidos en la metodología anteriormente mencionada se indican en la tabla 9-3.

Tabla 9-3. Factores de emisión para motores de combustión interna.

Contaminante	Factor de emisión (lb/1000 galones)
NO _x	67,8
CO	15,4
SO ₂	140
PM ₁₀	5
PM _{2,5}	4,8

Fuente: USEPA, 2016.

Realizado por: Cedeño Cristófer, 2021.

3.4. Identificación de los sectores con mayores niveles de contaminación atmosférica

Se usará los resultados obtenidos del desarrollo del inventario de emisiones para conocer cual sector o actividad es la que mayores niveles de contaminación aporta al ambiente y su porcentaje de emisión, se comparará estos valores con otros estudios desarrollados en el país y contrastar si las fuentes de emisión mantienen el mismo comportamiento. La comparación de las emisiones resultantes de un inventario con otros desarrollados en ciudades con características similares permite en determinados casos repetir las estrategias adoptadas por las demás ciudades que permitan disminuir los niveles de contaminación atmosférica. En determinados casos se comparan fuentes específicas, sectores o actividades similares registradas a lo largo de un periodo de tiempo establecido lo cual permite evaluar que tan exitosa ha resultado la gestión de la calidad de aire (Jaya y Gomezcoello, 2012, p.99).

CAPÍTULO IV

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Evaluación de las condiciones meteorológicas

La tabla 1-4 muestra los valores mensuales promedios de temperatura y radiación durante el año 2019.

Tabla 1-4: Promedio de temperatura del Cantón Riobamba año 2019.

Mes	Temperatura Promedio (°C)	Radiación Promedio (W/m ²)
Enero	12,25	362,78
Febrero	12,62	351,54
Marzo	12,14	341,9
Abril	12,42	307,35
Mayo	12,22	353,6
Junio	11,68	341,66
Julio	10,75	389,72
Agosto	10,69	386,58
Septiembre	13,26	365,16
Octubre	12,26	381,48
Noviembre	13,54	355,52
Diciembre	13,1	359,01

Realizado por: Cedeño Cristofer, 2021.

El valor promedio de temperatura mensual para el cantón Riobamba es de 12,24°C. La máxima temperatura mensual promedio registrada corresponde al mes de noviembre con 13,54 °C y la temperatura promedio mensual mínima registrada corresponde al mes de agosto con 10,69°C. Esta información puede ser contrastada con la información presentada en el anuario climatológico año 2019 (Tiupul y Arévalo, 2020, p.4) donde muestra que la temperatura mensual promedio máxima se registró en los meses de noviembre y diciembre con 14,5 °C y la temperatura mensual promedio mínima se registró el mes de agosto con 12,3 °C.

La desviación estándar muestra que el mes de enero presentó la menor variación de temperatura la cual ronda los 0,66°C por sobre su promedio de temperatura mensual de 12,22°C, en su contraparte durante el mes de septiembre se presenta una variación de temperatura en torno a 1,82°C por sobre su promedio mensual calculado en 13,50°C. La variabilidad de las temperaturas registradas es propia de esta región debido a que cuenta con diversos microclimas, en las zonas de mayor altitud oscila entre los 6°C y 12°C mientras que en las zonas más bajas puede alcanzar temperaturas por sobre los 19°C, los fenómenos geológicos presentes en el área de estudio son otro de los condicionantes para

la temperatura, las zonas pobladas de la provincia de Chimborazo entre estas el cantón Riobamba están ubicadas entre la cordillera Oriental y la cordillera Central, el asentamiento poblacional se ubica en un graben y son estas zonas las que registran la menor temperatura media anual las cuales se ubican entre los 9 °C y -10 °C (Carrión, 2014, p.8).

El valor promedio de radiación mensual es de 357,35 W/m², la radiación máxima promedio mensual registrada corresponde al mes de julio con 389,72 W/m² y la radiación mínima promedio mensual registrada corresponde al mes de abril con 307,35 W/m². El mes de enero presenta la menor variación en cuanto a los niveles de radiación, ronda los 19,55 W/m² por sobre su valor de promedio mensual de 362,78 W/m² por el contrario el mes de abril se convierte en el mes con la mayor variación de radiación registrada, asciende a 43,82 W/m² por sobre su valor promedio mensual que es de 307,35 W/m². La variación de la radiación solar puede explicarse debido a factores como la nubosidad presente en el área, la concentración de ozono troposférico, hora del día, época del año, latitud y altitud. (EPA, 2001). La sierra ecuatoriana es una zona que presenta altos niveles de vapor de agua en la atmósfera, estas gotas de agua se comportan a manera de lentes y su presencia ocasiona que los niveles de radiación se disparen durante pequeños intervalos de tiempo (Zuleta y Lema, 2015, p.3).

4.2. Inventario de emisiones

4.2.1. Fuentes Móviles

4.2.1.1. Número de encuestados

Se tomó la información publicada en el Anuario de Estadísticas de Transporte 2019 (INEC, 2020) indica que la tasa de vehículos matriculados por cada mil habitantes para Chimborazo es de 134 vehículos. La población proyectada (INEC, 2010) es de 261.360 habitantes.

En base a esta información se obtiene que el parque automotor proyectado para el año 2019 para el Cantón Riobamba es de 35.022 vehículos (Población), entre todas las categorías. La cantidad de encuestas necesarias a aplicar tomando como base ese número es de 380 encuestas.

4.2.1.2. Distribución de la tecnología vehicular usada para crear el archivo flota

En Riobamba circularon 35.022 vehículos divididos en 7 categorías, estas son Motocicletas, Camión, Furgoneta, Automóvil, SUV/Jeep, Camioneta y Bus. A su vez para fines de manejo de datos en el software IVE se agruparon estas 7 categorías en 4 flotas con similares características en cuanto a tipo y tamaño de vehículo, se estructuran de la siguiente manera:

Flota 1. Motocicletas, con un total de 45 vehículos, todos funcionan en base a gasolina.

Flota 2. Buses, con un total de 23 vehículos, todos operan en base a combustible diésel.

Flota 3. Automóvil-SUV/Jeep-Camioneta, con un total de 246 vehículos, el 95% operan en base a gasolina, el restante 5% usan combustible diésel.

Flota 4. Camión-Furgoneta, con un total de 66 vehículos, el 88% operan a base de combustible diésel, el restante 12% funcionan con gasolina.

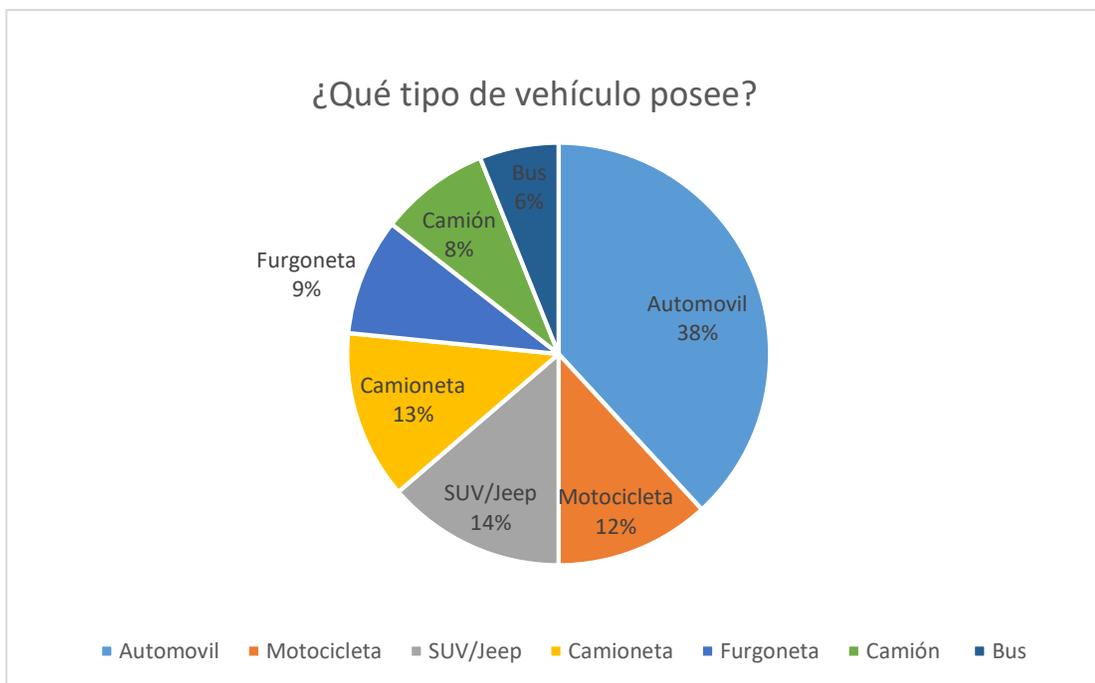


Gráfico 1- 4. Distribución de la flota vehicular Cantón Riobamba Año 2019

Fuente: Cedeño Cristofer. 2021

El Cantón Riobamba cuenta con una flota vehicular que se mueve utilizando principalmente 2 tipos de combustibles, la gasolina y el diésel, en base a los resultados expuestos los vehículos tipo automóvil y tipo SUV/JEEP representan el 38% y 14% respectivamente del total de vehículos que circulan por las calles del cantón, el anuario de estadísticas de transporte del año 2019 muestra que la clase de vehículos correspondientes a automóviles representa el 31,9% de los vehículos matriculados en el territorio nacional, seguidos por los vehículos tipo motocicleta con un 23,7%, las camionetas representan el 18,2%, los vehículos tipo SUV ascienden a 16,9% y los camiones y otros tipos de vehículos representan el 4,6% y 4,7% respectivamente (INEC, 2019). En base a los resultados expuestos en la aplicación de la encuesta se mantiene la tendencia en cuanto al porcentaje de vehículos para cada clase con excepción de las motocicletas donde existe un diferencia considerable, esto se puede explicar ya que las provincias que lideran la mayor tasa de matriculación de motocicletas son Guayas, Pichincha, Los Ríos, Manabí y El Oro, Chimborazo no figura dentro de las provincias con el mayor registro de este tipo de vehículos, para el año 2018 existían matriculados 25255 automóviles y 6513 motocicletas en esta provincia.(INEC, 2018).

4.2.1.3. Patrones de conducción

La media de kilómetros recorridos por la flota motocicleta asciende a 33,75km, la flota buses se desplaza en promedio 142,5km diarios, la flota compuesta por vehículos tipo automóvil-SUV/JEEP/camioneta recorre 63,9km diarios y la flota compuesta por camión/furgoneta recorre una media de 83 kilómetros diarios. El estudio de movilidad diaria de la ciudad de Cuenca año 2016 muestra que en promedio los vehículos tipo automóvil SUV y camioneta recorren una media de 68km diarios, los vehículos de tipo bus se desplazan entre 171,9km y 224,78km al día. (Sarango, Moncayo, 2016, p.59). Estos resultados son consistentes con los obtenidos en el estudio. Según (Toledo, 2016, p.37) en su estudio desarrollado en la ciudad de Cuenca las motocicletas se desplazan una media de 24km diarios. Cuenca es una ciudad que cuenta con una tasa de 168 vehículos por cada mil habitantes (INEC, 2020) lo que la convierte en una ciudad con características similares en cuanto al parque automotor del cantón Riobamba.

Los resultados de distribución de tiempo de SOAK determinados con la información recolectada en la encuesta y el cálculo de bins obtenidos con el uso software Speed Emissions Evaluations se muestra en el Anexo F.

4.2.2. Emisiones Diarias de contaminantes ordenados por flota

La tabla 2-4 muestra las emisiones de los contaminantes por cada flota vehicular en kg/d.

Tabla 2-4: Emisiones de contaminante en kg/d según la flota Vehicular.

Contaminante	Motocicletas	%	Buses	%	Camión-furgoneta	%	Automóvil/SUV-JEEP/Camioneta	%	TOTAL	%
CO ₂	22739,14	92,4	357319,86	96,9	134049,48	88,11	368551,63	85,50	882660,11	90,4
CO	1799,27	7,31	2461,7	0,67	15443,78	10,15	58237,09	13,51	77941,84	7,98
PM	12,49	0,05	879,85	0,24	213,99	0,141	66,57	0,02	1172,9	0,12
SOX	4,09	0,02	35,8	0,01	19,4	0,013	79,37	0,02	138,66	0,014
NOx	62,31	0,25	7911,6	2,15	2417,87	1,589	4099,03	0,95	14490,81	1,484
TOTAL	24617,3	100	368608,81	100	152144,52	100	431033,69	100	976404,32	100

Realizado por: Cedeño Cristófer, 2021.

El CO₂ se convierte en el contaminante de mayor emisión, se emiten 882660,11 kg/día lo que representa el 90,4% del total de las emisiones diarias de los contaminantes estudiados, los resultados de las mediciones de gases contaminantes en fuentes móviles en el cantón Cuenca también identifica al CO₂ como el gas más emitido lo que lo convierte en el principal causante del efecto invernadero y por ende del calentamiento global. (Vintimilla, 2015, p.32). La flota Automóvil-SUV-JEEP/Camioneta es la que más emite este gas.

El monóxido de carbono se convierte en el segundo gas contaminante de más emisión, diario se emite 77941,84 kg, esta información concuerda con la registrada en el Inventario de emisiones atmosféricas del tráfico vehicular y gasolineras del distrito Metropolitano de Quito Año Base 2012, donde dentro de la categoría de contaminantes primarios sitúa al Monóxido de Carbono como el de mayor emisión (Vega, 2015, p.58), se descarta al CO₂ ya que este se encuentra dentro de la categoría de gas de efecto invernadero (GEI). La flota compuesta por Automóvil-SUV-JEEP/Camioneta es la que tiene la mayor emisión de este gas con un 7,98% de las emisiones totales diaria

Las emisiones de los óxidos de nitrógeno (NOx) ascienden 14490,81 kg/día, los resultados obtenidos en el Inventario de emisiones atmosféricas procedentes de fuentes fijas, móviles y de área en el cantón Ibarra Año base 2015 (Reyes y Tito, 2017, p.48), si bien en este inventario no se registran datos de emisiones de CO₂ en fuentes móviles, sitúa a los NOx (1,484%) por delante de contaminantes como el material particulado (0,12%) y los óxidos de azufre (0,014%).

El material particulado (PM) es el siguiente contaminante en orden de emisión, diariamente se emiten a la atmosfera 1172,9 kg, dentro de este encontramos que la flota compuesta por buses emite 879,85 kg/día (0,24% de su flota) de este contaminante, la totalidad de esta flota usa diésel, se conoce que los vehículos que operan a diésel son los responsables de entre el 60% de las partículas en suspensión emitidas en zonas urbanas. (Ortiz y Ríos, 2019, p.62). Si se compara con las demás flotas la diferencia es considerable.

Los óxidos de azufre (SOx) se emiten a razón de 138,66 kg/día, esto lo convierte en el contaminante de menor emisión de todos los estudiados ya que representa únicamente el 0,014% de las emisiones totales, Ecuador en su normativa permite hasta 650ppm y 500ppm de azufre en gasolina y diésel respectivamente, si bien este valor está lejos de normativas europeas como la EURO V, la cual permite como máximo 50ppm, se trabaja en mejorar las tecnologías, estudios sobre los combustibles comercializados en el país (EMOV, 2018, p.4), muestran que la gasolina Ecopais tiene un contenido promedio de 100ppm de azufre y que el diésel tiene un promedio de 66,5 ppm de azufre. Existen puntos de distribución y venta donde estos valores varían.

4.2.3. Emisiones Anuales

La tabla 3-4 muestra las emisiones anuales expresadas en toneladas por año.

Tabla 3-4: Emisiones anuales de la flota vehicular en el cantón Riobamba año 2019.

Contaminante	Emisión anual (ton/año)
CO ₂	322170,94
CO	28448,77
PM	428,10
SOX	50,61
NOX	5289,14

Realizado por: Cedeño Cristófer, 2021.

Las emisiones totales de los contaminantes en toneladas por año se dividen en CO₂ con 322170,94 toneladas y 28448,77 toneladas de CO, ambos contaminantes se encuentran en mayor cantidad a causa de que la mayoría de los automotores no poseen tecnologías que eviten y/o catalicen la emisión de estos contaminantes y de los demás a la atmósfera (Calla y Lujan, 2017, p.342). El NO_x es el siguiente contaminante en la lista con 5289,14 toneladas, la exposición causa efectos en la respiración y ceféalos hacia las personas, la generación de este contaminante se relaciona con la calidad de combustión la cual está determinada por la presencia de O₂ (Arias y Morales, 2013, p.109).

Los contaminantes restantes son el material particulado (PM) con 428,10 toneladas/año y 50,61 toneladas/año de SO_x, para el caso del material particulado (Rojas, 2007, p.5) menciona que las tecnologías de transporte de alto flujo de personas en países latinoamericanos son obsoletas, y abarcan desde la calidad del combustible pasando por los sistemas de control de emisiones y tecnología del motor. Cabe aclarar que la flota buses opera en su totalidad con diésel por lo que mejorar las tecnologías vehiculares en esta flota es fundamental si se pretende reducir las emisiones de estos contaminantes. El azufre presente en los combustibles que se comercializan en Ecuador se encuentra por debajo de la legislación ecuatoriana vigente, las mejoras en las tecnologías como cambios de catalizador y mantenimiento de la unidad HDS (hidrodesulfurizadora) en las refinerías a nivel nacional son requeridas para lograr una mejora inmediata (Antamba et al., 2016, p.111).

4.3. Fuente Biogénicas

4.3.1. Emisiones de COVs de la vegetación

Tabla 4-4: Emisiones de COVs cantón Riobamba año 2019.

	ISOPRENO	%	MONOTERPENOS	%	OCOVs	%
Enero	1154,94	6,65	10854,07	7,91	1440,76	7,52
Febrero	1109,09	6,39	11611,77	8,46	1537,00	8,02
Marzo	1243,67	7,16	11645,65	8,48	1532,75	8
Abril	1004,15	5,78	11022,88	8,03	1460,71	7,62
Mayo	842,94	4,85	10444,89	7,61	1390,36	7,25
Junio	298,06	1,72	9618,28	7,01	1289,84	6,73
Julio	386,76	2,23	8376,01	6,1	1137,63	5,94
Agosto	302,91	1,74	8563,88	6,24	1160,34	6,05
Septiembre	3729,82	21,5	14511,92	10,6	2545,65	13,3
Octubre	879,17	5,06	9994,51	7,28	1442,66	7,53
Noviembre	3322,37	19,1	17087,25	12,4	2227,72	11,6
Diciembre	3089,98	17,8	13545,02	9,87	2000,37	10,4

Realizado por: Cedeño Cristofer, 2021.

La tabla 4-4 muestra que durante el año 2019 se emitieron 173805,79 toneladas de compuestos orgánicos volátiles, de las cuales 137276,12 toneladas corresponden a Monoterpenos (79,1%), 19165,80 toneladas de otros compuestos orgánicos volátiles que representan el 11% y 17363,87 toneladas de Isoprenos equivalentes al 9,99% del total de las emisiones.

Las emisiones correspondientes a Isoprenos y Otros compuestos volátiles son similares, los monoterpenos son emitidos entre 9 a 10 veces más que las 2 categorías anteriores. (Guenther et al., 1999, p. 8873), afirman que las emisiones biogénicas en el mundo se estiman en 1150 Tg/año de las cuales el 11% de ellas corresponden a emisiones de monoterpenos (126,5 Tg/año). El mes de noviembre registra la temperatura más alta promedio del año 2019 (13,54°C), acorde a (Bolano, et. al., 2015, p.113) las tasas de emisión de monoterpenos están influenciado de forma directa por la temperatura, las emisiones de monoterpenos para el mes de noviembre ascienden a 17087,25 toneladas.

La emisión de isopreno está directamente relacionada con la biosíntesis fotosintética, zonas como bosques nativos con grandes extensiones de cobertura vegetal producirán en mayor medida este gas (Núñez, 2015, p.87), el área de estudio tiene un 4,27% cubierto por este uso de suelo lo que explica la poca emisión de este compuesto a la atmosfera. La emisión de OCOVs está presente en todos los ecosistemas ya que son un producto secundario de los procesos de emisión de monoterpenos e isoprenos, juegan un rol fundamental para atraer a los polinizadores, comunicación y protección de la planta (Caicedo, et al., 2010, p.79).

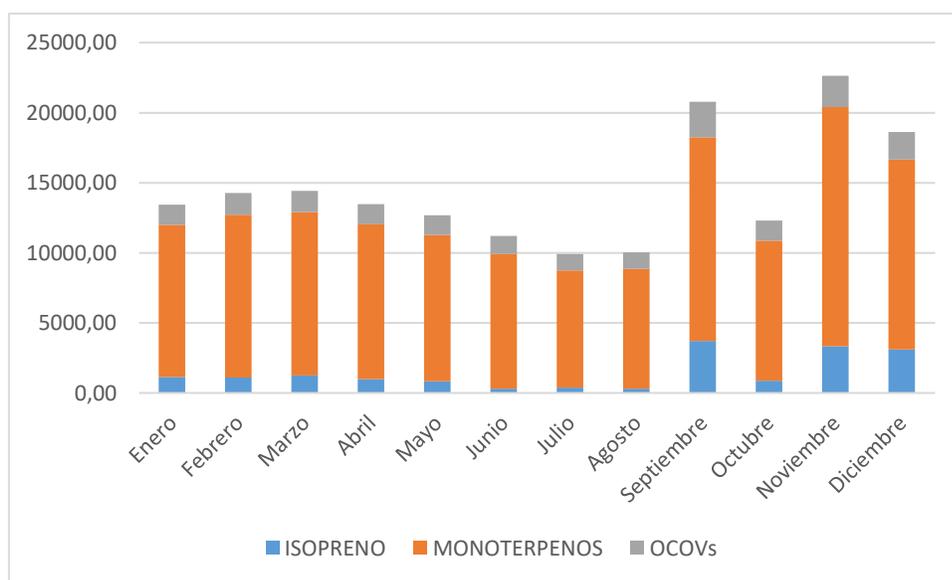


Grafico 2-4 Variación mensual de las emisiones de COVs año 2019
Realizado por: Cedeño Cristofer. 2021

4.3.2. Estaciones de servicio

La tabla 5-4 muestra la emisión de compuesto orgánicos volátiles por parte del sector compuesto por las estaciones de servicio.

Tabla 5-4: Emisiones de COVs provenientes de las estaciones de servicio, Riobamba año 2019.

Contaminante	Emisión (ton/año)
COVs	354,99

Realizado por: Cedeño Cristófer, 2021.

La emisión de COVs es de 354,99 toneladas durante el año 2019 producto de la venta de 17746344 galones de gasolina divididos en 16988400 galones correspondiente a gasolina extra y 757944 galones de gasolina súper. Estas emisiones se producen durante la recarga de combustible al vehículo y durante el llenado de los tanques de almacenamiento ya que el combustible que ingresa desplaza el vapor contenido en el tanque (USEPA, 2008). Los resultados presentes en el inventario de la ciudad de Ibarra año 2015 (Reyes y Tito, 2017, p.67) muestran que se emitieron 409,9 toneladas de COVs producto de la venta de 20491182 galones de gasolina, se justifica que exista una mayor emisión para el caso de la ciudad de Ibarra en base a que el volumen de combustible fue mayor.

4.3.3. Consumo de GLP

La tabla 6-4 muestra los resultados del cálculo de emisiones producto del consumo de gas licuado de petróleo comercializado en Riobamba.

Tabla 6-4: Emisión de CO₂ producto del consumo de GLP doméstico, Riobamba año 2019.

Contaminante	Emisión (ton/año)
CO ₂	52607,07
CO	13,50
NO _x	78,38

Realizado por: Cedeño Cristófer, 2021.

El consumo de gas licuado de petróleo en el cantón Riobamba ronda los 17772660 kg de gas de tipo doméstico según la información facilitada por EP Petroecuador, lo que supone una emisión de 52607,07 toneladas de CO₂, el GLP es una energía de combustión limpia que contribuye a la reducción de las emisiones de CO₂ en comparación con la biomasa, el fueloil y la electricidad (GasNOVA, 2020). Los resultados presentes en el inventario preliminar de emisiones de contaminantes de aire con año base 2010 (Ministerio de Ambiente, 2014, p.99), muestra que Riobamba emitió 35845,8 t/año de CO₂ producto del consumo de GLP, las emisiones de CO y NO_x ascienden a 13,50 y 78,38 t/año respectivamente. Año a año el consumo de GLP se incrementa en el país a raíz del crecimiento demográfico y necesidad de cubrir la demanda energética, históricamente en el periodo de 1990 a 2012 muestra una tasa anual crecimiento sostenido de 4,8%, crecimiento que se mantendrá en años posteriores (CEPAL, 2016). En base a este crecimiento se justifica el aumento de emisiones de CO₂ dado que para el año base de estudio se comercializaron una mayor cantidad de kilogramos de GLP que en el 2010.

4.3.4. Extracción de caliza

La tabla 7-4 muestra los resultados de la emisión de material particulado generado por la extracción de caliza.

Tabla 7-4: Emisiones de PM10 producto de la extracción de caliza, Riobamba año 2019.

Contaminante	Emisión (ton/año)
PM 10	23400

Realizado por: Cedeño Cristofer, 2021.

La información suministrada sobre la producción anual de la actividad minera correspondiente a la extracción de caliza en una cantera ubicada en la comunidad Shobol, cantón Riobamba durante el año 2019 asciende a 156000 toneladas, esto genera una emisión de 23400 toneladas de material particulado 10 (PM10). El Manual de restauración de terrenos y evaluación de impactos ambientales en minería enuncia que el hecho de que el polvo sea desplazado y dirigido por el viento hace que su difusión dependa de un gran número de parámetros difíciles de valorar. Los resultados presentes en el inventario preliminar de emisiones de contaminantes de aire con año base 2010 (Ministerio de Ambiente, 2014, p.99), indica que Riobamba emitió 35,2 t/año de PM10 producto de la actividad de las canteras. Ambos valores son distantes, esto se puede explicar la información publicada en el reporte de minería donde indica que para el año 2010 en todo Chimborazo existían 325 trabajadores en actividades de minería y canteras (BCE, 2017, p12). Este tipo de actividades ha ido creciendo año a año con la aparición de proyectos estratégicos y el apareamiento de asociaciones mineras. Su desarrollo involucra una mayor extracción y producción de materiales pétreos lo que se traduce en mayores tasas de emisión de contaminantes atmosféricos.

4.4. Fuentes Fijas

4.4.1. Relleno sanitario Porlón

Las emisiones generadas en el relleno sanitario Porlón se muestran en la tabla 8-4.

Tabla 8-4: Emisiones de metano provenientes del relleno sanitario Porlón, año 2019.

Contaminante	Emisión (t/año)
Metano	53030

Realizado por: Cedeño Cristofer, 2021.

Las emisiones de metano (CH₄) provenientes del Relleno Sanitario Porlón durante el año 2019 ascienden a 53030 toneladas producto del depósito de 691244 toneladas de residuos, en el relleno sanitario Ambato durante el año 2017 se depositaron 714177,47 toneladas de residuos, según (Acosta y Asociados S.A., 2020, p.70) la proyección de producción de biogas considerando el valor de residuos depositados ascienda a 93433,45 toneladas/año. El porcentaje de metano presente en el biogas (Reyes, 2017, p.48) oscila entre el 55-60%, lo que representa aproximadamente 51400 toneladas de CH₄, valor similar a las emisiones obtenidas del relleno sanitario ubicado en Riobamba.

4.4.2. Ecuacerámica

Tabla 9-4: Emisiones provenientes de la industria ECUACERÁMICA, año 2019.

Contaminante	Emisión (ton/año)
NO _x	22757,46
CO	5169,10
SO ₂	46991,82

Realizado por: Cedeño Cristófer, 2021.

Las emisiones atmosféricas provenientes del horno B&T 3200 se describen en la tabla 9-4, para su funcionamiento ECUACERÁMICA emplea diésel tipo 2, este combustible contiene elevados niveles de impurezas que impiden que se lleve a cabo el correcto proceso de combustión (Ortiz, 2014, p.27). Los hornos continuos de cocción constituyen los mejores equipos en términos rendimiento y eficiencia energética dado que reduce los tiempos de cocción y secado (Arango y Rodríguez, 2017, p.17). Los resultados del inventario preliminar de emisiones para el cantón Riobamba año 2010 muestran que se liberaron 738 t/año de NO_x, 39,1 t/año de CO y 1159,4 t/año de SO₂ producto de la actividad de la industria ECUACERÁMICA y Cementos Chimborazo (Ministerio de Ambiente, 2014, p.99). A partir del año 2013 la industria ecuatoriana de Cerámica se acoge a las normas de calidad INEN, lo que genera que se disminuya en un 23% las importaciones y consolida a la industria local como el proveedor del 65% de mercado nacional (El comercio, 2015). Esto se traduce en una ampliación de su capacidad de producción que aumenta las emisiones de contaminantes, la diferencia entre el escenario presente en el año 2010 y año 2019 referente a la producción explica la variación de los resultados de las emisiones calculadas.

4.5. Emisiones atmosféricas del cantón Riobamba año 2019

Tabla 10-4: Emisiones atmosféricas totales año 2019

Fuente	CO ₂		CO		PM		SO _x		NO _x		COVs		CH ₄		SO ₂		PM ₁₀		TOTAL	
	t/año	%	t/año	%	t/año	%	t/año	%	t/año	%	t/año	%	t/año	%	t/año	%	t/año	%	t/año	%
Móviles	322170,94	85,96	28448,77	84,62	428,1	100	50,61	100	5289,14	18,86	NC	0	NC	0	NC	0	NC	0	356387,56	48,52
Fijas	NC	0	5169,1	15,38	NC	0	NC	0	22757,5	81,14	NC	0	53030	100	46992	100	NC	0	127948,6	17,42
De Área	52607,07	14,04	13,50	0	NC	0	NC	0	78,38	0	174160,78	100	NC	0	NC	0	23400	100	250259,73	34,06
TOTAL	374778,01	100	33617,87	100	428,1	100	50,61	100	28046,64	100	174160,782	100	53030	100	46992	100	23400	100	734595,89	100

Realizado por: Cedeño Cristófer, 2021.

La tabla 10-4 muestra los resultados totales de las emisiones atmosféricas del cantón Riobamba durante el año 2019 según el tipo de fuente, las fuentes móviles aportan con el 48,52% de los contaminantes, seguida de las fuentes de área las cuales representan el 34,06% y las fuentes fijas significan el 17,42%. El inventario de emisiones con año base 2015 de la ciudad de Ibarra, ciudad con similares características a Riobamba sitúa a las emisiones provenientes de fuentes móviles como las de mayor emisión con un 85% del total seguido con un 10% y 5% para fuentes fijas y de área respectivamente (Reyes y Tito, 2017, p.76). Manteniendo la tendencia que ubica a las fuentes móviles como las de mayor aporte contaminante. Es importante mencionar que dicho inventario no estima las fuentes biogénicas como tal del área de estudio. El inventario preliminar de las emisiones de contaminantes del aire para cantones del Ecuador año base 2010 (Ministerio de Ambiente, 2014, p.99) si considera las emisiones biogénicas (COVs) del cantón Riobamba cuyo resultado es de 115,5 toneladas por año, resultado que difiere con el del estudio actual donde se estima que las emisiones provenientes de la vegetación ascienden a 173805,79 ton/año. Esto se explica debido a que las emisiones de vegetación en el inventario del 2010 fueron estimadas para el territorio completo de las mallas de emisiones, por lo que no es factible realizar una comparación con el inventario actual desarrollado, ya que este ocupa información primaria, el estudio realizado por (Pérez, 2019, p.54) estima que la emisión de este tipo de compuestos asciende a 2736,13 kt para el año 2016 para la provincia de Chimborazo, sin embargo, este inventario mantiene la tendencia de que las emisiones de fuentes móviles son las que representan el mayor porcentaje respecto a las demás fuentes, por ende, son las que mayor control y seguimiento deben tener en estudios posteriores a fin de verificar que los niveles de emisión de los contaminantes no sobrepasen los niveles permitidos por la legislación ambiental vigente (Martínez, 2019, p.38).

CONCLUSIONES

- Se determinó las emisiones de contaminantes atmosféricos del cantón Riobamba para el año 2019, para esto se consideró 3 fuentes de emisiones divididas en fuentes móviles donde se incluye las emisiones generadas por el sector automotriz, las fuentes fijas las cuales incluyen las emisiones generadas por la industria ECUACERÁMICA y las provenientes del Relleno Sanitario de Porlón y las fuentes de área que consideran las emisiones generadas por actividades como el consumo de gas licuado de petróleo, estaciones de servicio, extracción de calizas y fuentes biogénicas. Mediante la recolección de información primaria para cada una de las fuentes anteriormente mencionadas y con el uso de metodologías como el Modelo Internacional de Emisiones Vehiculares, metodología de Guenter y el uso de factores de emisión establecidos en estudios internacionales se estimó las emisiones atmosféricas y estos resultados fueron comparados con estudios anteriormente realizados en el país para ciudades con características similares a el cantón Riobamba y se encontró que las emisiones producidas mantienen un comportamiento similar a los resultados descritos en otras investigaciones.
- Se evaluó el comportamiento meteorológico del cantón Riobamba durante el año 2019, como primera fase del desarrollo de un inventario de emisiones ya que el comportamiento de factores ambientales como temperatura y radiación condicionan que existan mayores o menores emisiones de contaminantes a la atmósfera, Riobamba presento una temperatura promedio mensual de 12,24°C, una máxima temperatura mensual promedio registrada correspondiente al mes de noviembre con 13,54 °C y la temperatura promedio mensual mínima registrada correspondiente al mes de agosto con 10,69°C. El valor promedio de radiación mensual es de 357,35 W/m², la radiación máxima promedio mensual registrada corresponde al mes de julio con 389,72 W/m² y la radiación mínima promedio mensual registrada corresponde al mes de abril con 307,35 W/m².
- Se desarrolló el inventario de emisiones para el cantón Riobamba año base 2019, las emisiones provenientes de fuentes móviles ascienden a 356387,56 toneladas/año divididas en 322170,94 toneladas de CO₂, 28448,77 toneladas de CO, 5289,14 toneladas de NO_x, 428,1 toneladas de material particulado y 50,61 toneladas de SO_x, las fuentes de área emiten 250259,73 toneladas de contaminantes al año divididas en 52607,07 toneladas de CO₂, 174160,78 toneladas de compuestos orgánicos volátiles, 23400 toneladas de material particulado, 13,50 toneladas de CO y 78,38 toneladas de NO_x, las fuentes de área emiten 127948,6 toneladas/año de contaminates,

correspondiente a 5169,1 toneladas de CO, 22757,5 toneladas de NOx, 53030 toneladas de CH₄ y 46992 toneladas de CO₂.

- Se identificó los sectores del cantón Riobamba con mayores niveles de contaminación atmosférica, las fuentes móviles es decir el sector automotriz emite 356387,56 toneladas/año de contaminantes que representan el 48,52% de las emisiones, las fuentes de área que incluye los sectores o actividades conformadas por consumo de GLP, extracción de caliza, estaciones de servicio y emisiones provenientes de la vegetación emiten 250167,85 toneladas/año que corresponden al 34,96% y las fuentes fijas que incluyen a la industria ECUACERÁMICA y relleno sanitario de Porlón emiten 127948,6 toneladas/año que representa el 17,42% de las emisiones totales.

RECOMENDACIONES

- Mantener un registro de las fuentes significativas de emisiones de contaminantes presentes en el cantón Riobamba a fin de realizar un monitoreo continuo de los niveles de emisión de gases a la atmósfera.
- Elaborar estrategias o propuestas dirigidas a la población del cantón donde se dé a conocer los efectos que causan niveles de contaminación por encima de los permitidos y estrategias para reducir las emisiones de contaminantes atmosféricos.
- Mantener actualizado el inventario de emisiones considerando la mayor cantidad de fuentes posibles y usando información primaria para el desarrollo de la estimación de emisiones.

BIBLIOGRAFÍA

ABC DEL ESTE. *Atmósfera*. [en línea] 2005. [Consulta: 17 de junio de 2021]. Disponible en: <https://www.abc.com.py/articulos/atmosfera-834351.html>

ACOSTA y ASOCIADOS S.A. *Estudio de impacto ambiental y plan de manejo ambiental del relleno sanitario Ambato*. [en línea]. 2020. [Consulta: 18 agosto 2021]. Disponible en: <https://www.epmgidsa.gob.ec/inicio/wp-content/uploads/2021/05/ESIA-GIDSA-2020-RELLENO-SANITARIO.pdf>

AGENCIA PARA SUSTANCIAS TOXICAS Y REGISTRO DE ENFERMEDADES. *Óxidos de nitrógeno*. [en línea], 2016. [Consulta: 5 de junio de 2021]. Disponible en: https://www.atsdr.cdc.gov/es/toxfaqs/es_tfacts175.html

ANTAMBA, J., REYES, G. y GRANJA, M. “Estudio comparativo de gases contaminantes en un vehículo M1, utilizando gasolina de la Comunidad Andina”. [en línea], 2016. [Consulta: 26 julio 2021]. ISSN 1909-2474. Disponible en: http://scielo.senescyt.gob.ec/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1390-65422016000300110

ARANGO, A. y RODRIGUEZ, H. *Análisis de las emisiones de contaminantes asociados a la fabricación de ladrillos y propuesta de reconversión tecnológica Nemocón – Colombia*. [en línea]. 2017. [Consulta: 18 agosto 2021]. Disponible en: <https://repository.udistrital.edu.co/handle/11349/6716>

ARÁNGUEZ, E., ÓRDONEZ, J., SERRANO, J., ARAGONES, N., FERNÁNDEZ, R., GANDARILLAS, A. y GÁLÁN, I. “Contaminantes atmosféricos y su vigilancia”. *Revista española de salud pública*, [en línea], 1999, (España). [Consulta: 19 de junio de 2021]. Disponible en: https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1135-57271999000200003

ASOCIACIÓN DE INDUSTRIA HIDROCARBURÍFERAS DEL ECUADOR. *El petróleo en cifras año 2019*. [en línea]. 2020 [Consulta: 11 julio 2021]. Disponible en: <https://www.aihe.org.ec/wpcontent/uploads/2020/05/Petroleo-en-Cifras-2019.pdf>

AVILÉS PINO, Efrén. Riobamba. [blog]. [Consulta: 8 de junio de 2021]. Disponible en: <http://www.encyclopediadelecuador.com/geografia-del-ecuador/riobamba/>

BALLESTER, F. “Contaminación atmosférica, cambio climático y salud”. *Revista Española de Salud Pública*. [en línea], 2005, (España). [Consulta: 19 de junio de 2021]. ISSN 1135-5727. Disponible en: https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1135-57272005000200005

BALLESTER, F., TENÍAS, J. y PÉREZ, S. “Efectos de la contaminación atmosférica sobre la salud una introducción”. *Revista española de salud pública*, [en línea], 1999, (España). [Consulta: 23 de junio de 2021]. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5275236>

BANCO CENTRAL DEL ECUADOR. *Reporte de minería*. [en línea]. 2017. [Consulta: 18 agosto 2021]. Disponible en: <https://contenido.bce.fin.ec/documentos/Estadisticas/Hidrocarburos/ReporteMinero012017.pdf>

BAUSELA, E. *Spss: un instrumento de análisis de datos Cuantitativos*. [en línea]. 2005. [Consulta: 18 agosto 2021]. Disponible en: <http://laboratorios.fi.uba.ar/lie/Revista/Articulos/020204/A3mar2005.pdf>

BOLANO, T., CAMARGO, Y. y VÉLEZ, M. “Emisiones biogénicas de monoterpenos en el parque nacional natural Tayrona, santa marta (Colombia)”. [en línea], 2015. [Consulta: 28 julio 2021]. ISSN 1909-2474 Disponible en: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S190924742015000100008&lng=e&nrm=iso&tlng=e

CABALLERO, M., LOZANO, S. y ORTEAGA, B. “Efecto invernadero, calentamiento global y cambio climático: una perspectiva desde las ciencias de la tierra”. *Revista UNAM* [en línea], 2007, (México). [Consulta: 17 de junio de 2021]. ISSN: 1067-6079. Disponible en: https://www.revista.unam.mx/vol.8/num10/art78/oct_art78.pdf

CAICEDO, Y., et al., "Emisiones de compuestos organicos volátiles de origen biogénico y su contribución a la dinámica atmosférica". [en línea], 2010. [Consulta: 28 julio 2021]. ISSN 1794-161. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3794137>

CALLA, L. y LUJAN, M. *Inventario de emisiones de fuentes móviles con una distribución espacial y temporal para el área metropolitana de Cochabamba, Bolivia.* [en línea], 2017. [Consulta: 25 julio 2021]. Disponible en: http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1683-07892018000100005

CÁRDENAS, E. y KASLIN, J. Caracterización tecnológica del parque automotor del Distrito Metropolitana de Quito y propuesta para la reforma de la normativa ecuatoriana de emisiones en fuentes móviles terrestres. [en línea]. (Trabajo de titulación) (Tesis de pregrado). Escuela Politécnica Nacional. Quito-Ecuador. 2006. [Consulta: 18 agosto 2021]. Disponible en: <https://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/502?locale=en>

CARRERA ESPINOZA, Verónica Mariana. Optimización de la matriz energética del horno continuo de cocción B&T 3200 en la empresa C.A. Ecuatoriana de Cerámica. (Tesis de Posgrado). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Riobamba-Ecuador. 2020, pp. 30. [Consulta: 13 agosto 2021]. Disponible en: <http://dspace.espoch.edu.ec/handle/123456789/13595>

CASTILLO MANGUIA, Katherine Marisol. Optimización de las operaciones mineras en la cantera de Caliza, ubicada en la Comunidad Shobol Llin Llin, parroquia San Juan, cantón Riobamba, provincia de Chimborazo. (Tesis de Pregrado). Universidad Central del Ecuador. Quito-Ecuador. 2020. [Consulta: 13 agosto 2021]. Disponible en: <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/21802>

COMISIÓN ECONÓMICA PARA AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE. *La demanda de gasolinas, gas licuado de petróleo y electricidad en el Ecuador.* [en línea]. 2016. [Consulta: 18 agosto 2021]. Disponible en: https://www.cepal.org/sites/default/files/publication/files/40629/S1600529_es.pdf

CONTRERAS, A., GARCÍA, S. y ICAZA, B. Calidad del aire: una práctica de vida. [en línea], 2013. [Consulta: 15 de junio de 2021]. Disponible en: biblioteca.semarnat.gob.mx/janium/Ciga/CD001593.pdf

COORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL VALLE DEL CAUCA. Inventario de Gases de Efecto Invernadero y Contaminantes Criterio para Santiago de Cali 2015. [en línea]. [Consulta: 6 octubre de 2021]. Disponible en: http://ciat-library.ciat.cgiar.org/Articulos_Ciat/biblioteca/INVENTARIO_DE_GASES_DE_EFECTO_INVERNADERO_Y_CONTAMINANTES_CRITERIO_PARA_SANTIAGO_DE_CALI_v2.pdf

CREAF. Compuestos Orgánicos Volátiles, el lenguaje de las plantas. [en línea]. 2016. [Consulta: 26 de junio de 2021]. Disponible en: <http://blog.creaf.cat/es/conocimiento/compuestos-organicos-volaticos-el-lenguaje-de-las-plantas/>

DAMIAN CARRIÓN, Diego Armando. Comparación de variables edafoclimáticas, en zonas de bosque y páramo utilizando modelo de interpolación kriging en la parroquia Achupallas, cantón Alausí, provincia de Chimborazo. [en línea]. (Trabajo de titulación). Riobamba-Ecuador. 2014. [Consulta: 18 agosto 2021]. Disponible en línea: <http://dspace.espoch.edu.ec/handle/123456789/3596>

ECOLOGISTA EN ACCIÓN. *¿Qué son las PM2,5 y cómo afectan a nuestra salud?*. [en línea], 2015. [Consulta: 15 de junio de 2021]. Disponible en: <https://www.ecologistasenaccion.org/17842/que-son-las-pm25-y-como-afectan-a-nuestra-salud/>

EL COMERCIO. *Materiales de construcción importados costaran más.* [en línea]. 2015. [Consulta: 18 agosto 2021]. Disponible en: <https://www.elcomercio.com/actualidad/salvaguardias-aranceles-construccion-materiales.html>

EMPRESA PUBLICA MUNICIPAL DE MOVILIDAD, TRÁNSITO Y TRANSPORTE. *Informe del muestreo de combustible del año 2018.* [en línea], 2018. Consulta: 4 de julio de 2021]. Disponible en: <http://www.emov.gob.ec/sites/default/files/INFORME%20COMBUSTIBLES%202018.pdf>

ENCINAS, M. *Medio ambiente y contaminación. Principios básicos.* [en línea]. 2011. [Consulta: 14 de junio de 2021]. Disponible en: <https://addi.ehu.es/handle/10810/16784>

ESPÍN OLEAS, Eduardo, Rúben. Proyecto de factibilidad para el tratamiento y aprovechamiento de los residuos sólidos generados en la ciudad de Riobamba. [en línea] (Tesis de Posgrado). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Riobamba-Ecuador. 2018. pp. 74. [Consulta: 13 agosto 2021]. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/8370>

FARRÉ-ARMENGOL G., FILELLA I, LLUSIA J. AND PEÑUELAS, J. “Bidirectional Interaction between Phyllospheric Microbiotas and Plant Volatile Emissions”. [en línea], 2016. [Consulta: 2 de junio de 2021]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S136013851630070X>

FONSECA, M. “Estudio del impacto en la calidad del aire de las fuentes puntuales en la ciudad de Pinar del río”. Revista Brasileira de meteorología [en línea], 2012, (Brasil). [Consulta: 19 de junio de 2021]. Disponible en: <https://www.scielo.br/j/rbmet/a/RmhtTLLB3VNG3NQFyC3pVrD/?lang=es>

GARCÍA, J. “Influencia de la meteorología en la calidad del aire en la Zona metropolitana del valle de México”. Revista Especializada en ciencia químico biológica [en línea], 2009. (México). [Consulta: 17 de junio de 2021]. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=43215406004>

GasNOVA. *El GLP y su contribución a la calidad de aire.* [en línea]. 2020. [Consulta: 18 agosto 2021]. Disponible en: <https://www.gasnova.co/el-glp-y-el-cambio-climatico/>

GENERALITAT VALENCIANA. *La atmósfera y sus capas.* [en línea] 2015. [Consulta: 14 de junio de 2021]. Disponible en: <https://agroambient.gva.es/es/web/calidad-ambiental/la-atmosfera-y-sus-capas>

GOBIERNO AUTÓNOMO DE LA PROVINCIA DE CHIMBORAZO. *Provincia de Chimborazo.* [en línea]. 2015. [Consulta: 25 de abril de 2021]. Disponible en: <http://www.chimborazo.gob.ec/chimborazo/>.

GRUPO CONSULTIVO DE EXPERTOS. *Inventarios Nacionales de gases de efecto invernaderos.* [en línea]. 2012. [Consulta: 30 julio 2021]. Disponible en: <https://unfccc.int/sites/default/files/13-waste.pdf>

GUENTHER, A., HEWITT, C., ERICKSON, D., FALL, R., GERON, C., GRAEDEL, T., HARLEY, P. ET AL. “A global model of natural volatile organic compound emissions”. *Journal of Geophysical Research*. [en línea], 1999. [Consulta: 26 julio 2021]. Disponible en: <https://escholarship.org/uc/item/1bf6v7zf>

INSTITUTO NACIONAL DE ESTADISTICAS Y CENSO. *Anuario de Estadísticas de Transporte 2019*. [en línea]. 2021. [Consulta: 28 de abril de 2021]. Disponible en: https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/webinec/Estadisticas_Economicas/Estadistica%20de%20Transporte/2019/2019_ANET_PPT.pdf

INSTITUTO NACIONAL DE ESTADISTICAS Y CENSO. *Anuario de Estadísticas de Transporte 2018*. [en línea]. 2021. [Consulta: 28 de abril de 2021]. Disponible en: https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/webinec/Estadisticas_Economicas/Estadistica%20de%20Transporte/2018/2018_ANET_PPT.pdf

INSTITUTO NACIONAL DE ESTADISTICAS Y CENSO. *Proyecciones poblacionales*. [en línea]. [Consulta: 28 de abril de 2021]. Disponible en: <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/proyecciones-poblacionales/>

INSTITUTO PARA LA SALUD GEOAMBIENTAL. *Material particulado*. [en línea], 2013. [Consulta: 11 de junio de 2021]. Disponible en: <https://www.saludgeoambiental.org/material-particulado>

INSTITUTO TECNOLÓGICO GEOMINERO DE ESPAÑA. *Manual de restauración de terrenos y evaluación de impactos ambientales en minería, Madrid*, [en línea]. 1994. . [Consulta: 18 agosto 2021]. Disponible en: http://info.igme.es/SidPDF%5C065000%5C106%5C65106_0001.pdf

INTERNATIONAL SUSTAINABLE SYSTEM RESEARCH CENTER. *Manual de usuario del modelo IVE, versión 2.0*, 2008. [en línea]. [Consulta: 18 agosto 2021]. Disponible en: <http://www.issrc.org/ive/downloads/manuals/UsersManual%28sp%29.pdf>

JAYA SUCOZHAÑAY, Jorge Luis y GOLEZCOELLO VÁSQUEZ, José Luis. Análisis comparativo de la contaminación atmosférica producida por la combustión en ladrilleras artesanales utilizando tres tipos de combustibles. (Tesis de pregrado). Universidad Politécnica Salesiana. Cuenca-Ecuador. 2012. [Consulta: 6 octubre de 2021]. Disponible en: <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/6359>

MALDONADO, J. “Ciudades y contaminación ambiental”. Revista de Ingeniería [en línea], 2009, (Colombia). [Consulta: 16 de junio de 2021]. Disponible en: <https://ojsrevistaing.uniandes.edu.co/ojs/index.php/revista/article/view/229/227>

MEDINA, J. “La Dieta del Dióxido de Carbono (CO₂)”. [en línea], 2010, (México). [Consulta: 25 de junio de 2021]. ISSN: 1405-5597. [Consulta: 22 de junio de 2021]. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/944/94415753009.pdf>

MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE. Guía para la elaboración de inventarios de emisiones atmosféricas 2017. [en línea]. [Consulta: 6 octubre de 2021]. Disponible en: https://www.minambiente.gov.co/images/AsuntosambientalesySectorialyUrbana/pdf/GUIA_PARA_LA_ELABORACION_DE_INVENTARIOS_DE_EMISIONES_ATMOSFERICAS.pdf

MINISTERIO DE AMBIENTE. *Inventario Preliminar de las Emisiones de Contaminantes del Aire, de los cantones Ambato, Riobamba, Santo Domingo de los Colorados, Latacunga, Ibarra, Manta, Portoviejo, Esmeraldas y Milagro.* [en línea], 2014. [Consulta: 19 agosto 2021]. Disponible en: <https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2014/05/Libro-Resumen-Inventario-13-02-2014-prensa.pdf>

MORALES, T. y ARIAS, J. *Contaminación vehicular en la conurbación Preirados-Quebradas.* [en línea], 2013. [Consulta: 25 julio 2021]. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/luaz/n37/n37a09.pdf>

MOSCOSO, D., ASTUDILLO, A. y MORALES, M. “Inventario de emisiones atmosféricas provenientes de fuentes fijas de combustión del parque industrial del cantón Cuenca-Ecuador”. [en línea], 2018, (Cuba). [Consulta: 24 de junio de 2021]. ISSN 2223-4861. Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2223-48612018000200004

NTE INEN 1489:202. *Productos derivados de petróleo. Diésel. Requisitos*

NTE INEN 935 Novena revisión 2016-02. *Productos derivados de petróleo. Gasolina. Requisitos*

NUÑEZ, V. “Emisiones de dióxido de azufre a la atmósfera por fuentes fijas del MINAG y su influencia en la calidad del aire en la provincia de Villa Clara”. [en línea], 2001, (México). [Consulta: 22 de junio de 2021]. Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0253-57852019000300086

OFICINA CATALANA DE CANVI CLIMATIC. *Guía práctica para el cálculo de emisiones de gases de efecto invernadero.* [en línea]. 2011. [Consulta: 13 agosto 2021]. Disponible en: <https://www.caib.es/sacmicrofront/archivopub.do?ctrl=MCRST234ZI97531&id=97531>

ORTIZ GONZALEZ, Nery Fabián & RIOS MORENOS, Julián Andrés. Inventario preliminar de emisiones por fuentes móviles en ruta para la ciudad de Villavicencio. [en línea] (Trabajo de titulación). Universidad Santo Tomas. Villavicencio-Colombia. 2019. pp. 63. [Consulta: 19 agosto 2021]. Disponible en: <https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/19512/2019neryortiz?sequence=6>

ORTÍZ VALLEJO, Mario Andrés. Estudio comparativo del uso del diésel Entre Europa y Ecuador, utilizado para motores de Vehículos. (Tesis de Pregrado). [en línea]. Quito-Ecuador. 2014. [Consulta: 15 agosto 2021]. Disponible en: <https://repositorio.uide.edu.ec/handle/37000/610>

PEÑA, E. Impacto de la contaminación atmosférica en dos principales ciudades del Ecuador. [en línea], 2018, (Ecuador). [Consulta: 22 de junio de 2021]. Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2218-36202018000200289

PÉREZ VALLEJO, María Alejandra. Estimación del efecto del cambio climático en las emisiones de COVS no metanogénicos de origen biogénico en la provincia de Chimborazo. (Tesis de Pregrado). [en línea]. Riobamba-Ecuador. 2019. [Consulta: 15 agosto 2021]. Disponible en: <http://dspace.espoch.edu.ec/handle/123456789/13269>

PÉREZ, J. *Principios de la bioestadística para comprender los artículos científicos*. [en línea]. 2020. [Consulta: 18 agosto 2021]. Disponible en: <https://www.medigraphic.com/pdfs/orthotips/ot-2015/ot152h.pdf>

PORTAL WEB DE LA CALIDAD DEL AIRE DEL AYUNTAMIENTO DE MADRID. *Contaminación Atmosférica*. [en línea], 2020. [Consulta: 7 de junio de 2021]. Disponible en: <http://www.mambiente.munimadrid.es/opencms/opencms/calair/ContAtmosferica/Concepto.html>

RADIAN INTERNATIONAL. Manuales del Programa de Inventarios de Emisiones de México. DF. [en línea], 2005. [Consulta: 15 de junio de 2021]. Disponible en: <https://fdocuments.ec/document/manuales-del-programa-de-inventarios-de-emisiones-de-identificar-las-fuentes.html>

REYES ROSERO, Sandra Carolina & TITO CAÑARIS, Cristian Alonso. Inventario de emisiones atmosféricas procedentes de fuentes fijas, móviles y de área en el cantón Ibarra Año base 2015. [en línea] (Trabajo de titulación). Universidad Central. Quito-Ecuador. 2017. pp. 77. [Consulta: 20 agosto 2021]. Disponible en: <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/9274>

REYES, E. *Generación de biogás mediante el proceso de digestión anaerobia, a partir del aprovechamiento de sustratos orgánicos*. [en línea]. 2017. [Consulta: 18 agosto 2021]. Disponible en: <https://repositorio.unan.edu.ni/12306/>

REYNA, J. “La contaminación ambiental”. *Revista Industrial Data*. [en línea], 1999. (Perú). [Consulta: 20 de junio de 2021]. ISSN: 0864-151X. Disponible en: <https://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/idata/article/view/6504>

ROJAS, N. *Aire y problemas ambientales de Bogotá*. [en línea], 2007. [Consulta: 25 julio 2021]. Disponible en: https://bogota.gov.co/sites/default/files/inline-files/aire_y_problemas_ambientales_de_bogota.pdf

ROMERO, M., OLITE, F. y ÁLVAREZ, M. “La contaminación del aire: su repercusión como problema de salud”. *Revista Cubana Hig Epidemiol* [en línea], 2006, (Cuba). [Consulta: 15 de junio de 2021]. ISSN 1561-3003. Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1561-30032006000200008

SARANGO MONCAYO, Daniel Alejandro & MONCAYO ÓRDONEZ Pedro Agustín. Determinación del indicador Kilómetros-Vehículo Recorrido (KVR) para la ciudad de Cuenca. [en línea]. (Trabajo de titulación) (Tesis de pregrado). Universidad Politécnica Salesiana. Quito-Ecuador. 2016. [Consulta: 18 agosto 2021]. Disponible en: <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/12152>

SECRETARIA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES. Fuentes de Contaminación Atmosférica [en línea] 2018. [Consulta: 14 de junio 2021]. Disponible en: <https://www.gob.mx/semarnat/articulos/fuentes-de-contaminacion-atmosferica>

SPACE. *Earth's Atmosphere: Composition, Climate & Weather.* [en línea] 2017. [Consulta: 4 de junio de 2021]. Disponible en: <https://www.space.com/17683-earth-atmosphere.html>

TENÍAS, J., PEREZ, S., MOLINA, R., GONZÁLEZ, J. y BALLESTER, F. “Efectos a corto plazo de la contaminación atmosférica sobre la mortalidad. Resultados del proyecto EMECAM en la ciudad de valencia, 1994-96”. Revista española de salud pública, [en línea], 1999, (España). [Consulta: 23 de junio de 2021]. Disponible en: https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1135-57271999000200017

TIIVA, P. “Isoprene Emission from Northern Ecosystems Under Climate Change”. [en línea], 2008. [Consulta: 2 de junio de 2021]. ISBN 9789512711857. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/004565359190115T>

TIUPUL, P. Y ARÉVALO, M. Anuario climatológico año 2019. [en línea], 2020. [Consulta: 1 de julio de 2021]. Disponible en: https://www.esPOCH.edu.ec/index.php/component/k2/item/download/836_e6da6d1767dea7aa963f71b2b41ffeed.html

TOLEDO MONTALEZ, David Alejandro. Estudio de la contaminación de motocicletas de 4 tiempos en la ciudad de Cuenca. [en línea]. (Trabajo de titulación) (Tesis de pregrado). Universidad Politécnica Salesiana. Quito-Ecuador. 2016. [Consulta: 18 agosto 2021]. Disponible en: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/13160/1/UPS-CT006806.pdf>

US-EPA. *AP-42, Fifth Edition Compilation of Air Pollutant Emission Factors, Volume 1: Stationary Point and Area Sources in United States Environmental Protection Agency. Washington DC, USA.* [en línea]. 2016. [Consulta: 6 de agosto 2021]. Disponible en: [://www.epa.gov/air-emissions-factors-and-quantification/ap-42-compilation-air-emission-factors#5thed](http://www.epa.gov/air-emissions-factors-and-quantification/ap-42-compilation-air-emission-factors#5thed)

US-EPA. *Transportation and Marketing of Petroleum Liquids. Emission Inventory Improvement Program.* 2008. [Consulta: 20 agosto 2021]. Disponible en: https://www.epa.gov/sites/default/files/2020-09/documents/5.2_transportation_and_marketing_of_petroleum_liquids.pdf

VARGAS, M. “La contaminación ambiental como factor determinante de la salud”. *Revista Española de Salud Pública.* [en línea], 2005, (España). [Consulta: 17 de junio de 2021]. ISSN 1135-5727. Disponible en: https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1135-57272005000200001

VEGA VASCONEZ, Dayana Jazmín. *Inventario de emisiones atmosféricas del tráfico vehicular y gasolineras del Distrito Metropolitano de Quito. Año base 2012.* [en línea] (Trabajo de titulación). Universidad San Francisco de Quito. Quito-Ecuador. 2015. pp. 64. [Consulta: 20 agosto 2021]. Disponible en: <http://repositorio.usfq.edu.ec/handle/23000/4178>

VIDAL, I., LÓPEZ, R., CUESTA, A., BOLUFE, J. y GARCÍA, E. “Condiciones meteorológicas que influyen en las inmisiones de contaminantes atmosféricos en dos localidades de La Habana”. *Revista Cubana de Meteorología.* [en línea], 2018, (Cuba). [Consulta: 17 de junio de 2021]. ISSN: 0864-151X.

VINTIMILLA JARRÍN, Pedro Francisco. *Análisis de resultados de la medición de emisiones de gases contaminantes de fuentes móviles a partir de la implementación de la revisión técnica vehicular del cantón Cuenca.* [en línea] (Trabajo de titulación). Universidad Politécnica Salesiana. Cuenca-Ecuador. 2015. pp. 79. [Consulta: 20 agosto 2021]. Disponible en: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/7647/1/UPS-CT004530.pdf>

VISIONLEARNING. *La atmósfera de la tierra.* [en línea], 2003. [Consulta: 2 de junio de 2021]. Disponible en: <https://www.visionlearning.com/es/library/Ciencias-de-la-Tierra/6/La-Atm%C3%B3sfera-de-la-Tierra/107>

ZALDUMBIDE VERDEZOTO, MARCO ANTONIO & COCHA TELENCHANA, Laura Susana. Emisión de gases y su relación en la calidad del aire de la zona urbana de la Ciudad de Riobamba [En línea] (Trabajo de titulación). (Maestría) Universidad Técnica de Ambato, Ambato, Ecuador. 2017. pp. 4. [Consulta: 2021-06-08]. Disponible en: <http://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/25806>

ZAPATA TELLO, Wilson Marcelo. Determinación del índice de área foliar y fracción de radiación fotosintéticamente activa en el bosque húmedo La Esperanza _ La Maná, mediante metodologías ópticas. [en línea] (Tesis de Licenciatura) Universidad Técnica de Cotopaxí. Latacunga- Ecuador. 2017. Consulta: 26 julio 2021]. Disponible en: <http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/4277>

ZULETA MEDIAVILLA, Diana Patricia. & LEMA PURUNCAJA, Cristina Elizabeth. Solmáforo (Semáforo solar): Modelo ambiental de alerta por la exposición a la radiación solar en Quito. [en línea]. (Trabajo de titulación) (Tesis de pregrado). Universidad Politécnica Salesiana. Quito-Ecuador. 2015 [Consulta: 18 agosto 2021]. Disponible en: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/13733/1/UPS%20-%20ST003010.pdf>

ANEXOS

ANEXO A. MODELO DE ENCUESTA APLICADA MEDIANTE EL APLICATIVO GOOGLE FORMS.

El presente formulario tiene como objetivo conocer la tecnología vehicular presente en el CANTÓN RIOBAMBA, PROVINCIA DE CHIMBORAZO y el comportamiento de los conductores. Estos datos serán usados para fines investigativos. El formulario está dirigido exclusivamente para personas cuyo lugar de residencia sea el cantón descrito anteriormente. Gracias por su participación.

Seleccione la respuesta que considere correcta

1. ¿Qué tipo de vehículo posee?

Motocicleta ()

Automóvil ()

SUV/JEEP ()

Camioneta ()

Furgoneta ()

Camión ()

Bus ()

2. ¿Qué combustible usa su vehículo?

Gasolina ()

Diésel ()

Gas propano()

Etanol ()

Hibrido ()

Eléctrico ()

3. Año de fabricación:

4. ¿Cuál es el kilometraje actual de su vehículo?

- de 0 a 25 mil kilómetros ()
- de 25 mil kilómetros a 79 mil kilómetros ()
- de 79 mil kilómetros a 161 mil kilómetros ()
- superior a 161 mil kilómetros ()

5. ¿Qué tipo de sistema de inyección posee su vehículo?

- Carburador ()
- Inyección monopunto ()
- Inyección multipunto ()
- Pre-inyección ()
- Inyección directa ()
- Otro ()

6. ¿Con qué sistema de control de emisiones cuenta su vehículo?

- Ninguno ()
- Ventilación positiva ()
- Catalizador de 2 vías ()
- Catalizador de 3 vías ()

Comportamiento Vehicular

Hace referencia a los hábitos practicados por los conductores durante el día a día.

7. ¿Cuántas veces al día enciende su vehículo?

.....

8. ¿Cuántas veces al día su vehículo permanece apagado por menos de 15 minutos?

(Coloque únicamente un número, también se considera como respuesta el 0)

.....

9. ¿Cuántas veces al día su vehículo permanece apagado entre 15 y 30 minutos? (Coloque únicamente un número, también se considera como respuesta el 0)

.....

10. ¿Cuántas veces al día su vehículo permanece apagado entre 30 y 60 minutos? (Coloque únicamente un número, también se considera como respuesta el 0)

.....

11. ¿Cuántas veces al día su vehículo permanece apagado por 2 horas? (Coloque únicamente un número, también se considera como respuesta el 0)

.....

12. ¿Cuántas veces al día su vehículo permanece apagado entre 2 y 6 horas? (Coloque únicamente un número, también se considera como respuesta el 0)

.....

13. ¿Cuál es el periodo de tiempo que transcurre desde que apagas su vehículo por la noche hasta encenderlo al día siguiente? (Ejemplo de respuesta: 6 horas)

.....

14. ¿Cuántos kilómetros recorre en promedio diariamente su vehículo?

.....

15. ¿Cuál es la velocidad promedio en la que se desplaza diariamente su vehículo? (Indicar la respuesta en km/h)

.....

16. ¿Cuál es la velocidad mínima a la que se desplaza en su vehículo? (Indicar la respuesta en km/h) (La respuesta debe ser diferente de 0km/h)

.....

17. ¿Cuál es la velocidad máxima a la que se desplaza en su vehículo? (Indicar la respuesta en km/h)

.....

18. Indique si su vehículo posee aire acondicionado

Si ()

No ()

19. Si su respuesta anterior fue afirmativa, ¿Cuál es el tiempo que permanece encendido el Aire Acondicionado?

Nada ()

Poco ()

Mucho ()

Casi siempre ()

Siempre ()

20. ¿Cuántas veces al día detiene su vehículo? (Considere detenciones en intersecciones, semáforos, redondeles y similares) (Ejemplo: 60).....

ANEXO B. BIN FLOTA MOTOCICLETA.

BIN VSP 0	0	BIN VSP 30	0
BIN VSP 1	0	BIN VSP 31	0
BIN VSP 2	0	BIN VSP 32	0
BIN VSP 3	0	BIN VSP 33	0
BIN VSP 4	0	BIN VSP 34	0
BIN VSP 5	0	BIN VSP 35	0,3
BIN VSP 6	0,1	BIN VSP 36	0,1
BIN VSP 7	0,4	BIN VSP 37	0
BIN VSP 8	3,8	BIN VSP 38	0
BIN VSP 9	5,4	BIN VSP 39	0
BIN VSP 10	11,9	BIN VSP 40	0
BIN VSP 11	41,6	BIN VSP 41	0
BIN VSP 12	13,4	BIN VSP 42	0
BIN VSP 13	12,2	BIN VSP 43	0
BIN VSP 14	7,3	BIN VSP 44	0
BIN VSP 15	2,6	BIN VSP 45	0
BIN VSP 16	0,9	BIN VSP 46	0
BIN VSP 17	0	BIN VSP 47	0
BIN VSP 18	0	BIN VSP 48	0
BIN VSP 19	0	BIN VSP 49	0
BIN VSP 20	0	BIN VSP 50	0
BIN VSP 21	0	BIN VSP 51	0
BIN VSP 22	0	BIN VSP 52	0
BIN VSP 23	0	BIN VSP 53	0
BIN VSP 24	0	BIN VSP 54	0
BIN VSP 25	0	BIN VSP 55	0
BIN VSP 26	0	BIN VSP 56	0
BIN VSP 27	0	BIN VSP 57	0
BIN VSP 28	0	BIN VSP 58	0
BIN VSP 29	0	BIN VSP 59	0

Realizado por: Cedeño Cristofer, 2021.

ANEXO C. BIN FLOTA CAMIÓN-FURGONETA.

BIN VSP 0	0,5	BIN VSP 30	0
BIN VSP 1	0,1	BIN VSP 31	0
BIN VSP 2	0,3	BIN VSP 32	0
BIN VSP 3	0	BIN VSP 33	0,1
BIN VSP 4	0,4	BIN VSP 34	0
BIN VSP 5	0,5	BIN VSP 35	0,3
BIN VSP 6	1,4	BIN VSP 36	0,1
BIN VSP 7	2,9	BIN VSP 37	0
BIN VSP 8	3,8	BIN VSP 38	0
BIN VSP 9	9,8	BIN VSP 39	0
BIN VSP 10	10,6	BIN VSP 40	0
BIN VSP 11	29,6	BIN VSP 41	0
BIN VSP 12	12,9	BIN VSP 42	0
BIN VSP 13	10,3	BIN VSP 43	0
BIN VSP 14	5,8	BIN VSP 44	0
BIN VSP 15	3,48	BIN VSP 45	0
BIN VSP 16	0,4	BIN VSP 46	0
BIN VSP 17	0,2	BIN VSP 47	0
BIN VSP 18	0,12	BIN VSP 48	0
BIN VSP 19	0,1	BIN VSP 49	0
BIN VSP 20	0	BIN VSP 50	0
BIN VSP 21	0	BIN VSP 51	0
BIN VSP 22	0	BIN VSP 52	0
BIN VSP 23	0	BIN VSP 53	0
BIN VSP 24	0	BIN VSP 54	0
BIN VSP 25	0	BIN VSP 55	0
BIN VSP 26	0	BIN VSP 56	0
BIN VSP 27	0	BIN VSP 57	0
BIN VSP 28	0	BIN VSP 58	0
BIN VSP 29	0	BIN VSP 59	0

Realizado por: Cedeño Cristófer, 2021.

ANEXO D. BIN FLOTA BUS.

BIN VSP 0	0	BIN VSP 30	0
BIN VSP 1	0	BIN VSP 31	0
BIN VSP 2	0	BIN VSP 32	0
BIN VSP 3	0	BIN VSP 33	0
BIN VSP 4	0	BIN VSP 34	0
BIN VSP 5	0	BIN VSP 35	0
BIN VSP 6	0	BIN VSP 36	0
BIN VSP 7	0	BIN VSP 37	0
BIN VSP 8	0	BIN VSP 38	0
BIN VSP 9	1	BIN VSP 39	0
BIN VSP 10	4,9	BIN VSP 40	0
BIN VSP 11	70,6	BIN VSP 41	0
BIN VSP 12	6,9	BIN VSP 42	0
BIN VSP 13	9,8	BIN VSP 43	0
BIN VSP 14	6,5	BIN VSP 44	0
BIN VSP 15	0,3	BIN VSP 45	0
BIN VSP 16	0	BIN VSP 46	0
BIN VSP 17	0	BIN VSP 47	0
BIN VSP 18	0	BIN VSP 48	0
BIN VSP 19	0	BIN VSP 49	0
BIN VSP 20	0	BIN VSP 50	0
BIN VSP 21	0	BIN VSP 51	0
BIN VSP 22	0	BIN VSP 52	0
BIN VSP 23	0	BIN VSP 53	0
BIN VSP 24	0	BIN VSP 54	0
BIN VSP 25	0	BIN VSP 55	0
BIN VSP 26	0	BIN VSP 56	0
BIN VSP 27	0	BIN VSP 57	0
BIN VSP 28	0	BIN VSP 58	0
BIN VSP 29	0	BIN VSP 59	0

Realizado por: Cedeño Cristofer, 2021

ANEXO E. BIN FLOTA AUTOMÓVIL-SUV/JEEP-CAMIONETA.

BIN VSP 0	0	BIN VSP 30	0
BIN VSP 1	0	BIN VSP 31	0
BIN VSP 2	0	BIN VSP 32	0
BIN VSP 3	0	BIN VSP 33	0
BIN VSP 4	0,5	BIN VSP 34	0
BIN VSP 5	0,7	BIN VSP 35	0
BIN VSP 6	0,5	BIN VSP 36	1,8
BIN VSP 7	1	BIN VSP 37	0,5
BIN VSP 8	3,8	BIN VSP 38	0,7
BIN VSP 9	10	BIN VSP 39	0,5
BIN VSP 10	15	BIN VSP 40	0
BIN VSP 11	17	BIN VSP 41	0
BIN VSP 12	17	BIN VSP 42	0
BIN VSP 13	11	BIN VSP 43	0
BIN VSP 14	12	BIN VSP 44	0
BIN VSP 15	3,1	BIN VSP 45	0
BIN VSP 16	0,2	BIN VSP 46	0
BIN VSP 17	2,8	BIN VSP 47	0
BIN VSP 18	1	BIN VSP 48	0
BIN VSP 19	1	BIN VSP 49	0
BIN VSP 20	0	BIN VSP 50	0
BIN VSP 21	0	BIN VSP 51	0
BIN VSP 22	0	BIN VSP 52	0
BIN VSP 23	0	BIN VSP 53	0
BIN VSP 24	0	BIN VSP 54	0
BIN VSP 25	0	BIN VSP 55	0
BIN VSP 26	0	BIN VSP 56	0
BIN VSP 27	0	BIN VSP 57	0
BIN VSP 28	0	BIN VSP 58	0
BIN VSP 29	0	BIN VSP 59	0

Realizado por: Cedeño Cristófer, 2021.

ANEXO F. DISTRIBUCIÓN DE TIEMPO DE SOAK.

Flota Motocicletas

TIEMPO	PORCENTAJE
15 MIN	10,57
30 MIN	9,74
1 HORA	10,84
2 HORAS	17,54
6 HORAS	0
12 HORAS	51,3

Realizado por: Cedeño Cristofer, 2021.

Flota Camión-furgoneta

TIEMPO	PORCENTAJE
15 MIN	5,6
30 MIN	11,5
1 HORA	5,95
2 HORAS	28,45
6 HORAS	0
12 HORAS	48,5

Realizado por: Cedeño Cristofer, 2021.

Flota Bus

TIEMPO	PORCENTAJE
15 MIN	6,24
30 MIN	0
1 HORA	14,31
2 HORAS	28,63
6 HORAS	7,11
12 HORAS	43,71

Realizado por: Cedeño Cristofer, 2021.

Flota Automóvil-SUV/Jeep-Camioneta

TIEMPO	PORCENTAJE
15 MIN	10,57
30 MIN	9,74
1 HORA	10,85
2 HORAS	17,54
6 HORAS	0
12 HORAS	51,3

Realizado por: Cedeño Cristofer, 2021.



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

**DIRECCIÓN DE BIBLIOTECAS Y RECURSOS DEL APRENDIZAJE
UNIDAD DE PROCESOS TÉCNICOS Y ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO Y DOCUMENTAL**

REVISIÓN DE NORMAS TÉCNICAS, RESUMEN Y BIBLIOGRAFÍA

Fecha de entrega: 01 / 12 / 2021

INFORMACIÓN DEL AUTOR/A (S)
Nombres – Apellidos: <i>Cristofer Sebastián Cedeño Cabascango</i>
INFORMACIÓN INSTITUCIONAL
Facultad: <i>Ciencias</i>
Carrera: <i>Ingeniería en Biotecnología Ambiental</i>
Título a optar: <i>Ingeniero en Biotecnología Ambiental</i>
f. Analista de Biblioteca responsable: <i>Ing. Leonardo Medina Ñuste MSc.</i>

**LEONARDO
FABIO MEDINA
NUSTE**

Firmado digitalmente por LEONARDO FABIO MEDINA NUSTE
Nombre de reconocimiento (DN): c=EC,
o=BANCO CENTRAL DEL ECUADOR,
ou=ENTIDAD DE CERTIFICACION DE
INFORMACION-ECIBCE, l=QUITO,
serialNumber=0000621485, cn=LEONARDO
FABIO MEDINA NUSTE
Fecha: 2021.12.01 17:38:54 -05'00'



2088-DBRA-UTP-2021