



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE CIENCIAS

CARRERA INGENIERÍA AMBIENTAL

**ESTIMACIÓN DE EMISIONES ATMOSFÉRICAS DE FUENTES
DE ÁREA DEL CANTÓN PUERTO FRANCISCO DE ORELLANA
PARA EL AÑO 2020**

Trabajo de Integración Curricular

Tipo: Proyecto Técnico

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERA AMBIENTAL

AUTORES: ROSA ANGÉLICA CASTILLO CEVALLOS

KAREN BETZABE OCAMPO SALAZAR

DIRECTORA: Ing. MARÍA RAFAELA VITERI UZCÁTEGUI MSc.

Riobamba – Ecuador

2023

© 2023, Rosa Angélica Castillo Cevallos & Karen Betzabe Ocampo Salazar

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.

Nosotras, Rosa Angélica Castillo Cevallos y Karen Betzabe Ocampo Salazar declaramos que el presente Trabajo de Integración Curricular es de nuestra autoría y los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autoras asumimos la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este Trabajo de Integración Curricular; el patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 26 de junio de 2023



Rosa Angélica Castillo Cevallos

210104945-6



Karen Betzabe Ocampo Salazar




175416306-9

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE CIENCIAS

CARRERA INGENIERIA AMBIENTAL

El Tribunal de Trabajo de Integración Curricular certifica que: El presente Trabajo de Integración Curricular; Tipo: Proyecto técnico, **ESTIMACIÓN DE EMISIONES ATMOSFÉRICAS DE FUENTES DE ÁREA DEL CANTÓN PUERTO FRANCISCO DE ORELLANA PARA EL AÑO 2020**, realizado por las señoritas **ROSA ANGÉLICA CASTILLO CEVALLOS Y KAREN BETZABE OCAMPO SALAZAR**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal de Trabajo de Integración Curricular, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

	FIRMA	FECHA
Ing. Edwin Fernando Mejía Peñafiel PRESIDENTE DEL TRIBUNAL		2023/06/26
Ing. María Rafaela Viteri Uzcátegui MsC. DIRECTORA DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR		2023/06/26
Ing. María Soledad Núñez Moreno ASESORA DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR		2023/06/26

DEDICATORIA

A Dios por ser mi camino, además por darme la fortaleza y sabiduría de haber cumplido con una meta más, a mi núcleo familiar: Guido, Alexandra, Andrés, Dayana, Mathyus y Sophia por ser mis pilares en mi vida y mi mayor motivación, a ellos les debo este sueño hecho realidad. A Dennis, por su apoyo, su amor incondicional, su ayuda que nunca faltó y ser faro para culminar esta meta. A mi ángel Rosa, que fue guía en este caminar. A mi amiga que se ha convertido en mi hermana: Emily, gracias por ser apoyo incondicional. Finalmente, a Betzabe por su amistad y confianza que me brindó desde un principio, y por su dedicación en el presente trabajo.

Angélica

“Que todas vuestras cosas sean hechas con amor “(1 Corintios 16:14). Agradezco a Dios por ser la luz y guía de mi vida, por sus infinitas bendiciones en todo este camino académico. A mi familia: Magno, Olí, Belu, Andrea y Nickolas, quienes son el pilar y mi más grande apoyo, me incentivan cada día a ser mejor y a luchar siempre por mis objetivos, a ustedes les expreso mi más sentido agradecimiento de corazón. Padres, cuando me vean volar recuerden que ustedes me pintaron las alas. También a mis amigos y maestros, quienes con su amor e inmensa bondad me motivaron y brindaron su mano amiga. Y sin duda a Angélica, quien desde el inicio ha sido mi compañera y amiga incondicional para el desarrollo de este trabajo.

Betzabe

AGRADECIMIENTOS

El más sincero agradecimiento a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, por darnos la oportunidad de obtener un título de tercer nivel, a la Facultad de Ciencias en especial a los docentes pertenecientes a la carrera de Ingeniería Ambiental por los conocimientos impartidos en las aulas, los cuales fueron importantes para culminar la carrera con las mejores enseñanzas. A la ingeniera Rafaela Viteri por su apoyo como nuestra directora y mentora en el presente trabajo. A todos los entes gubernamentales que nos ayudaron con la información necesaria para el presente trabajo, gracias: Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI), Ministerio de Agricultura y Ganadería sede Orellana (MAGAP), Gobierno Autónomo Descentralizado de la Provincia de Orellana (GADPO), Agencia de Regulación y Control de Energía y Recursos Naturales no Renovables (ARCERNNR), Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica (MAATE). Gracias a la ingeniera María Elena Flores por darnos seguimiento en el presente trabajo. Al señor Colón Malla concejal del GADMFO, por su la información brindada desde un principio. Finalmente, al ingeniero Magno Ocampo por ser guía y apoyo para la gestión de la información correspondiente en el cantón Puerto Francisco de Orellana.

Angélica & Betzabe

ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	xii
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	xiv
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xvii
RESUMEN.....	xviii
ABSTRACT.....	xix
INTRODUCCIÓN.....	1

CAPÍTULO I

1. DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA.....	3
1.1. Antecedentes.....	3
1.2. Planteamiento del Problema.....	4
1.3. Justificación.....	4
1.4. Objetivos.....	6
1.4.1. <i>General</i>	6
1.4.2. <i>Específicos</i>	6

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO.....	7
2.1. Referencias teóricas.....	7
2.1.1. <i>Atmósfera</i>	7
2.1.1.1. <i>Composición</i>	7
2.1.1.2. <i>Comportamiento meteorológico</i>	8

2.1.2. Contaminación	8
2.1.2.1. <i>Contaminación atmosférica</i>	8
2.1.2.2. <i>Contaminantes atmosféricos primarios</i>	9
2.1.2.3. <i>Contaminantes atmosféricos secundarios</i>	10
2.1.3. Tipos de fuentes	11
2.1.3.1. <i>Fuentes fijas</i>	11
2.1.3.2. <i>Fuentes móviles</i>	11
2.1.3.3. <i>Fuentes de área</i>	11
2.1.4. Tipos de fuentes de área	11
2.1.4.1. <i>Incendios forestales</i>	12
2.1.4.2. <i>Quema de residuos agrícolas</i>	12
2.1.4.3. <i>Uso de Gas licuado de petróleo (GLP)</i>	12
2.1.4.4. <i>Estaciones de servicios</i>	12
2.1.4.5. <i>Actividades mineras</i>	12
2.1.4.6. <i>Vegetación</i>	13
2.1.4.7. <i>Erosión eólica</i>	13
2.1.5. Guías de modelos de emisiones	13
2.1.5.1. <i>Air Pollutant Emission Inventory Guidebook (EMEP/EEA)</i>	13
2.1.5.2. <i>Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático (IPCC)</i>	14
2.1.5.3. <i>United States Environmental Protection Agency (US.EPA)</i>	14
2.2. Base legal	14

CAPÍTULO III

3. MARCO METODOLÓGICO	18
3.1. Ubicación de la zona de estudio	18
3.1.1. <i>Aspecto social</i>	19
3.1.2. <i>Aspecto económico</i>	19

3.1.3.	<i>Flora</i>	19
3.1.4.	<i>Fauna</i>	20
3.1.5.	<i>Meteorología</i>	20
3.1.6.	<i>Suelo y tipos de suelo</i>	20
3.2.	Población y Muestra	21
3.2.1.	<i>Población</i>	21
3.2.2.	<i>Tamaño de la muestra</i>	21
3.2.3.	<i>Tipo de muestreo</i>	22
3.3.	Recolección de la información	23
3.4.	Inventario de emisiones	23
3.4.1.	<i>Selección de las fuentes de área</i>	23
3.4.2.	<i>Recopilación de los datos por cada fuente de área</i>	24
3.4.3.	<i>Modelo de cálculo para quema de residuos agrícolas</i>	24
3.4.4.	<i>Modelo de cálculo para uso del gas licuado de petróleo</i>	25
3.4.5.	<i>Modelo de cálculo para estaciones de servicios</i>	25
3.4.6.	<i>Modelo de cálculo para actividades mineras</i>	26
3.4.7.	<i>Modelo de cálculo para vegetación</i>	26
3.4.8.	<i>Modelo de cálculo para erosión eólica</i>	29
3.5.	Desagregación espacial y temporal de las emisiones atmosféricas	30
3.5.1.	<i>Desagregación espacial</i>	30
3.5.2.	<i>Desagregación temporal</i>	31

CAPÍTULO IV

4.	ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS	32
4.1.	Interpretación de datos obtenidos por encuestas	32
4.2.	Cálculo de emisiones atmosféricas de fuentes de área	44
4.2.1.	<i>Cálculo de emisiones por quema de residuos agrícolas</i>	44

4.2.2.	<i>Cálculo de emisiones por uso de GLP</i>	46
4.2.3.	<i>Cálculo de emisiones de las estaciones de servicio</i>	47
4.2.4.	<i>Cálculo de emisiones por actividades mineras</i>	49
4.2.5.	<i>Cálculo de emisiones por la vegetación</i>	50
4.2.6.	<i>Cálculo de emisiones por erosión eólica</i>	54
4.3.	DESAGREGACIONES	55
4.3.1.	<i>Desagregación Espacial</i>	55
4.3.1.1.	<i>Desagregación Espacial de Quema de residuos agrícolas</i>	56
4.3.1.2.	<i>Desagregación Espacial de Estaciones de servicio</i>	57
4.3.1.3.	<i>Desagregación Espacial de Actividades mineras</i>	58
4.3.1.4.	<i>Desagregación Espacial de Vegetación</i>	59
4.3.1.5.	<i>Desagregación Espacial de Erosión Eólica</i>	60
4.3.2.	<i>Desagregación Temporal</i>	61
4.3.2.1.	<i>Desagregación Temporal por Quema de residuos agrícolas</i>	61
4.3.2.2.	<i>Desagregación Temporal por GLP</i>	63
4.3.2.3.	<i>Desagregación Temporal por Estaciones de servicio</i>	66
4.3.2.4.	<i>Desagregación Temporal de Actividades mineras</i>	68
4.3.2.5.	<i>Desagregación Temporal por Vegetación</i>	69
4.3.2.6.	<i>Desagregación Temporal por Erosión eólica</i>	72
4.4.	Resultados	74

CAPÍTULO V

5.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	78
5.1.	Conclusiones	78
5.2.	Recomendaciones	79

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2-1: Composición y porcentaje de varios gases existentes en la atmósfera	7
Tabla 2-2: Legislación ecuatoriana aplicada a la calidad del aire	14
Tabla 3-1: Información meteorológica del cantón Puerto Francisco de Orellana año base 2020	20
Tabla 3-2: Tipos de suelos del cantón Puerto Francisco de Orellana	21
Tabla 3-3: Datos obtenidos del muestreo no probabilístico por cuotas en el cantón	22
Tabla 3-4: Multiplicador del tamaño de partícula	30
Tabla 4-1: Edades de los encuestados del cantón Puerto Francisco de Orellana	32
Tabla 4-2: Sexo de los encuestados del cantón Puerto Francisco de Orellana	33
Tabla 4-3: Parroquias de los encuestados del cantón Puerto Francisco de Orellana	34
Tabla 4-4: Criterios de los encuestados sobre la calidad del aire del cantón Puerto Francisco de Orellana	35
Tabla 4-5: Frecuencia de información sobre la calidad del aire de su localidad	36
Tabla 4-6: Criterio del nivel de contaminación atmosférica del cantón Puerto Francisco de Orellana	37
Tabla 4-7: Conocimiento de los contaminantes atmosféricos del cantón Puerto Francisco de Orellana	38
Tabla 4-8: Tipos de contaminantes atmosféricos del cantón Puerto Francisco de Orellana	40
Tabla 4-9: Tipos de actividades consideradas como fuentes de áreas en el cantón Puerto Francisco de Orellana	41

Tabla 4-10: Consideración para el desarrollo del inventario de emisiones atmosféricas del cantón Puerto Francisco de Orellana	42
Tabla 4-11: Conocimiento de existencias de inventarios de emisiones atmosféricas anuales en el cantón	43
Tabla 4-12: Total de las emisiones anuales por quema de residuos agrícolas en el cantón Puerto Francisco de Orellana	45
Tabla 4-13: Total de las emisiones anuales por uso de GLP en el cantón Puerto Francisco de Orellana	46
Tabla 4-14: Total de las emisiones anuales de las estaciones de servicio en el cantón Puerto Francisco de Orellana	48
Tabla 4-15: Total de las emisiones anuales de por las actividades de minas y canteras del cantón Puerto Francisco de Orellana	49
Tabla 4- 16: Total de emisiones anuales por fuentes biogénicas del cantón Puerto Francisco de Orellana, Isoprenos	51
Tabla 4-17: Total de emisiones anuales por fuentes biogénicas del cantón Puerto Francisco de Orellana, Monoterpenos.....	51
Tabla 4-18: Total de emisiones anuales por fuentes biogénicas del cantón Puerto Francisco de Orellana, Otros Compuestos Orgánicos Volátiles (OCOV)	52
Tabla 4-19: Total de las emisiones anuales de por erosión eólica del cantón Puerto Francisco de Orellana	54
Tabla 4-20: Total de emisiones atmosféricas generadas por fuentes de área del cantón para el año 2020.....	74

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 3-1: Mapa de ubicación de Puerto Francisco de Orellana	18
Ilustración 4-1: Edades de los encuestados del cantón Puerto Francisco de Orellana	33
Ilustración 4-2: Sexo de los encuestados del cantón Puerto Francisco de Orellana	33
Ilustración 4-3: Parroquias de los encuestados del cantón Puerto Francisco de Orellana	35
Ilustración 4-4: Criterios de los encuestados sobre la calidad del aire del cantón Puerto Francisco de Orellana	36
Ilustración 4-5: Frecuencia de información sobre la calidad del aire de su localidad	37
Ilustración 4-6: Criterio personal del nivel de contaminación atmosférica del cantón	38
Ilustración 4-7: Conocimiento de los contaminantes atmosféricos del cantón Puerto Francisco de Orellana	39
Ilustración 4-8: Tipos de contaminantes atmosféricos del cantón Puerto Francisco de Orellana	40
Ilustración 4-9: Tipos de actividades consideradas como fuentes de áreas en el cantón Puerto Francisco de Orellana.....	42
Ilustración 4-10: Consideración para el desarrollo del inventario de emisiones atmosféricas del cantón Puerto Francisco de Orellana.....	43
Ilustración 4-11: Conocimiento de existencias de inventarios de emisiones atmosféricas anuales en el cantón.....	44
Ilustración 4-12: Emisiones por quema de residuos agrícolas según el tipo de contaminante ..	45
Ilustración 4-13: Emisiones por uso de GLP según el tipo de contaminante	47

Ilustración 4-14: Emisiones de COV producidas por las estaciones de servicio según su tipo de contaminante.....	48
Ilustración 4-15: Emisiones producidas por las actividades de minas y canteras según su tipo de contaminante.....	50
Ilustración 4-16: Emisiones anuales por fuentes biogénicas del cantón Puerto Francisco de Orellana (ISOPRENOS-MONOTERPENOS-OCOV).....	53
Ilustración 4-17: Emisiones anuales de por erosión eólica del cantón Puerto Francisco de Orellana	55
Ilustración 4-18: Mapa de ubicación de las fincas agrícolas del cantón Puerto Francisco de Orellana	56
Ilustración 4-19: Mapa de ubicación de las estaciones de servicio del cantón Puerto Francisco de Orellana	57
Ilustración 4-20: Mapa de ubicación de las Minas y Canteras del cantón Puerto Francisco de Orellana	58
Ilustración 4-21: Mapa de uso de suelo del cantón Puerto Francisco de Orellana	59
Ilustración 4-22: Mapa de ubicación de la parte erosionada del suelo del cantón Puerto Francisco de Orellana.....	60
Ilustración 4- 23: Desagregación temporal por quema de residuos agrícolas en toneladas por horas.....	61
Ilustración 4-24: Desagregación temporal por quema de residuos agrícolas en toneladas por semana	62
Ilustración 4-25: Desagregación temporal por quema de residuos agrícolas en toneladas por mes	62
Ilustración 4-26: Desagregación temporal por quema de residuos agrícolas en toneladas por año	63
Ilustración 4-27: Desagregación temporal el uso de GLP en toneladas por día	64

Ilustración 4-28: Desagregación temporal el uso de GLP en toneladas por semana	64
Ilustración 4-29: Desagregación temporal el uso de GLP en toneladas por mes.....	65
Ilustración 4-30: Desagregación temporal el uso de GLP en toneladas por año	65
Ilustración 4-31: Desagregación temporal de estaciones de servicio en toneladas por día.....	66
Ilustración 4-32: Desagregación temporal de estaciones de servicio en toneladas por semana.	67
Ilustración 4-33: Desagregación temporal de estaciones de servicio en toneladas por año.....	67
Ilustración 4-34: Desagregación temporal por minas y canteras en toneladas por horas	68
Ilustración 4-35: Desagregación temporal por minas y canteras en toneladas por semana	68
Ilustración 4-36: Desagregación temporal por minas y canteras en toneladas por año	69
Ilustración 4-37: Desagregación temporal por fuentes biogénicas en toneladas por día	70
Ilustración 4-38: Desagregación temporal por fuentes biogénicas en toneladas por semana	70
Ilustración 4-39: Desagregación temporal por fuentes biogénicas en toneladas por mes.....	71
Ilustración 4-40: Desagregación temporal por fuentes biogénicas en toneladas por año	71
Ilustración 4-41: Desagregación temporal por erosión eólica en toneladas por día	72
Ilustración 4-42: Desagregación temporal por erosión eólica en toneladas por semana	72
Ilustración 4-43: Desagregación temporal por erosión eólica en toneladas por mes.....	73
Ilustración 4-44: Desagregación temporal por erosión eólica en toneladas por año.....	73
Ilustración 4-45: Total de emisiones atmosféricas del año 2020 generadas por los contaminantes de estudio.....	75

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO A: FORMATO DE ENCUESTAS DIGITALES

ANEXO B: FORMATO DE ENCUESTAS FÍSICAS

ANEXO C: REGISTRO FOTOGRÁFICO DE LAS ENCUESTAS APLICADAS EN CAMPO

ANEXO D: REGISTRO FOTOGRÁFICO DE VISITAS EN CAMPO DE LAS FUENTES
INVESTIGADAS

ANEXO E: FACTORES DE EMISIÓN PARA LAS FUENTES DE ÁREA

ANEXO F: OFICIOS CONTESTADOS POR ENTES GUBERNAMENTALES

ANEXO G: MAPA DE USO Y COBERTURA VEGETAL DEL SUELO

ANEXO H: MAPA DE MINERÍA

ANEXO I: INFORMACIÓN DE ORGANIZACIONES GUBERNAMENTALES

RESUMEN

En las últimas dos décadas, el crecimiento poblacional y económico del cantón Puerto Francisco de Orellana se han visto sumergidos por el boom petrolero, generando impactos y problemas ambientales, debido a que las industrias juntamente con las fuentes de área del cantón producen contaminación atmosférica. Por tal motivo, los gases que emiten deben ser controlados e interpretados de manera cuantitativa en los inventarios de emisiones atmosféricas, por ello, el objetivo del presente trabajo fue la estimación de las emisiones atmosféricas producidas por fuentes de área del cantón Puerto Francisco de Orellana, provincia de Orellana, año 2020. La metodología implementada para las fuentes de área (quema de residuos agrícolas, uso de GLP, estaciones de servicio, minas y canteras, vegetación y erosión eólica) se desarrolló mediante las guías de modelos de emisiones y los factores de emisión de la Agencia Europea del Ambiente, Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático y la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos; y a través de los organismos gubernamentales se recopiló información base para los respectivos cálculos de cada contaminante, también se realizaron visitas a las fuentes lo cual aportó de manera cualitativa a las desagregación espacial y temporal de estas. Por medio de la misma se obtuvo el cálculo de las emisiones anuales de cada uno de los contaminantes atmosféricos por fuentes de área, los cuales fueron: CO (14,18 ton/año), NOX (33,21 ton/año), SO_x (0,3 ton/año), PM₁₀ (181,33 ton/año), PM_{2.5} (20,38 ton/año), COV (6708,17 ton/año) y TSP (363,6 ton/año). Adicionalmente se analizaron las desagregaciones de cada una de las fuentes determinando su interacción diaria, semanal, mensual y anual. Concluyendo así que los COV son los mayores emisores de contaminación, por lo que el área de estudio abarca en su mayoría bosque natural, también las desagregaciones demostraron como interactuó cada contaminante en ese año.

Palabras clave: <FUENTES DE ÁREA>, <CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA>, <INVENTARIO DE EMISIONES>, <FACTORES DE EMISIÓN>, <DESAGREGACIÓN ESPACIAL>, <DESAGREGACIÓN TEMPORAL>, <CONTAMINANTES ATMOSFÉRICOS>.

1441-DBRA-UPT-2023



ABSTRACT

In the last two decades, the population and economic growth of the canton of Puerto Francisco of Orellana has been submerged by the oil boom, generating environmental impacts and problems because the industries and the canton's area sources produce atmospheric pollution. For this reason, the gases they emit must be controlled and interpreted quantitatively in the atmospheric emissions inventories. This work aimed to estimate the atmospheric emissions produced by area sources in the canton of Puerto Francisco of Orellana, province of Orellana, in 2020. The methodology implemented for the area sources (agricultural waste burning, LPG use, service stations, mines and quarries, vegetation and wind erosion) was developed using the emission model guides and emission factors of the European Environment Agency, Intergovernmental Panel on Climate Change and the United States Environmental Protection Agency; and through the governmental bodies, basic information was collected for the respective calculations of each pollutant; visits were also made to the sources, which contributed qualitatively to the spatial and temporal disaggregation of these. This information was used to calculate the annual emissions of each of the air pollutants by area source, which were: CO (14.18 tons/year), NOX (33.21 tons/year), SOX (0.3 tons/year), PM10 (181.33 tons/year), PM2.5 (20.38 tons/year), VOC (6708.17 tons/year) and TSP (363.6 tons/year). Additionally, the disaggregations of each source were analysed by determining their daily, weekly, monthly and annual interaction. Thus, concluding that VOCs are the significant emitters of pollution, the study area covers mostly natural forests; also, the disaggregations showed how each pollutant interacted in that year.

Keywords: <AREA SOURCES>, <ATMOSPHERIC POLLUTION>, <EMISSIONS INVENTORIES>, <EMISSION FACTORS>, <SPACE DISAGGREGATION>, <TEMPORAL DISAGGREGATION>, <ATMOSPHERIC POLLUTANTS>.



Ing. Paul Obregón. Mgs

060192712-2

INTRODUCCIÓN

La contaminación ambiental se encuentra asociada a diferentes causas, entre ellas, el crecimiento poblacional que, junto a un desarrollo insostenible, agotan los recursos suelo, agua y aire, afectando directa e indirectamente al ambiente, causando contaminación ambiental por residuos sólidos, fuentes hídricas contaminadas y emisiones atmosféricas no controladas (Parrado, 2019, p.14); problemas ambientales que afectan tanto a la salud como a los niveles ambiental, social y económico.

Por lo tanto, considerando que las actividades antropogénicas causan deterioro en el ambiente (agua, aire y suelo) y que dicha contaminación ambiental afecta directa e indirectamente a la salud de los seres vivos, es relevante realizar estudios que evidencien dicha contaminación y que los mismos sirvan de punto de partida para la toma de decisiones en pro de un desarrollo sostenible a nivel colectivo. Por otro lado, debido a que la contaminación de los recursos agua, aire y suelo es muy extensa, el presente estudio tiene por eje principal al recurso aire.

Con respecto a lo antes mencionado, se sabe que el aire es un componente importante y vital, se encuentra conformado por una composición gaseosa de al menos 20% de oxígeno, 79% de nitrógeno conformado por proporciones entre vapor de agua y gas inerte. Ahora bien, si dicha composición se ve afectada por la presencia de agentes químicos, físicos o biológicos que van alterando las características naturales de la atmosfera, se habla de contaminación del aire o atmosférica, misma que posee diferentes causas y simboliza un riesgo medioambiental sobre la salud de los seres humanos.

De acuerdo con el informe “El aire que respiramos y los efectos de la contaminación del aire y del cambio climático en la salud de la niñez en el Ecuador” realizado por el Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia (UNICEF), se conoce que, a nivel global, los sectores que aportan a la contaminación atmosférica son el industrial, agrícola, doméstico, eléctrico y transporte. Entre otras causas de la contaminación atmosférica se encuentran: las quemas de desechos a cielo abierto, incendios forestales, tormentas de polvo y erupciones volcánicas (UNICEF, 2016; citados en UNICEF, 2020).

En Ecuador, los problemas referentes a la contaminación atmosférica de mayor proporción al exterior, se da en las ciudades y tienen como causas principales el parque automotor, actividades de energía y actividades industriales; mientras que, para la contaminación del aire al interior, es el uso del gas licuado de petróleo (GLP) para la cocción de los alimentos (Gould et al., 2018; citados en UNICEF, 2020).

En cuanto a las actividades industriales, en el Ecuador existen diferentes cantones dedicados a la industria, entre ellos, el cantón Puerto Francisco de Orellana, reconocido como la ciudad petrolera con mayor producción a nivel nacional, misma que en los últimos años se ha visto afectada por la contaminación que generan sus actividades y su crecimiento poblacional. Sin embargo, el estudio de emisiones por fuentes de área aún son un caso no convencional en la localidad y por tal motivo, los estudios de calidad del aire de los últimos años no se han elaborado.

En tal virtud, el presente estudio desarrolla un inventario de emisiones actualizado con base en siete fuentes de área estimadas sobre el cantón. Dicho inventario servirá como un antecedente que aporte: a la toma de decisiones acertadas de los entes responsables, que mejoren la calidad de vida de los ciudadanos del cantón, y; a la academia de Puerto Francisco de Orellana a las investigaciones con base en la calidad del aire y cuidado del ambiente del cantón.

CAPÍTULO I

1. DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA

1.1. Antecedentes

La contaminación atmosférica es considerada como una problemática a nivel mundial, debido al deterioro que genera en la calidad del aire puesto que contiene varias sustancias contaminantes, lo cual trae consigo consecuencias perjudiciales tanto a nivel ambiental como en la salud de los seres vivos. Por ello, conocer sobre la calidad del aire permite que las autoridades tomen decisiones eficientes e implementen medidas de control y monitoreo, con lo cual se pueden prevenir los efectos de este tipo de contaminación.

Se conoce que en Ecuador existe un esmero en temas relacionados con la calidad del aire, por lo que el Ministerio del Ambiente (MAE) por medio de Plan Nacional de la Calidad del Aire, fomentaron inventarios de emisiones a los Gobiernos Autónomos descentralizados con más de 150 000 habitantes (MAE et al., 2010, p.16), ciudades como Quito y Cuenca destacan como referentes en cuanto a monitoreos y controles de la calidad del aire, creando inventarios de emisiones atmosféricas actualizados.

En la Amazonía ecuatoriana se demostró que la mayor parte de la contaminación del aire proviene de la extracción y la producción de petróleo (Moreira, 2018, p.274). Siendo así que, el aire del cantón Puerto Francisco de Orellana no es la excepción, pues las actividades que se ejercen en la localidad generan emisiones atmosféricas y de acuerdo con su nivel de desarrollo en los últimos años, se han provocado mayores afectaciones. Por otro lado, el crecimiento industrial en Puerto Francisco de Orellana es uno de los factores a considerar dentro de las fuentes de área estimadas, ya que, si por una parte las actividades se encuentran bajo regularización de la autoridad ambiental, no siempre se efectuaron los monitoreos continuos según el Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del cantón Puerto Francisco de Orellana (PDOT, 2020, p.157), por ello este tipo de estudios informativos no se encuentran a disposición.

Al respecto, los estudios de emisiones atmosféricas originados por fuentes de área dentro del cantón aún son escasos, por tal motivo, no se conocen a detalle los niveles diarios de contaminación a los que se encuentran expuestos los habitantes de la localidad. Por consiguiente, el presente proyecto de investigación contempla las problemáticas asociadas a la calidad del aire en el cantón Puerto Francisco de Orellana y determina las fuentes con mayor aportación de contaminación atmosférica a través del diseño de un inventario de emisiones, identificando con ello de manera veraz los niveles de contaminación presentes en el cantón, generando así una base de investigación para estudios subsiguientes.

1.2. Planteamiento del Problema

La contaminación del aire a lo largo del tiempo se ha convertido en una grave problemática, no solo para el ambiente sino también para la salud de los seres humanos. Se sabe que más de 2000 millones de niños viven en zonas donde la contaminación atmosférica supera los límites internacionales (UNICEF, 2016; citados en UNICEF, 2020). En consecuencia, las personas se encuentran expuestas a varios contaminantes del aire, ya que esta se puede dar de manera natural o antropogénica, y es producida por fuentes fijas, móviles y de área.

Al respecto, las fuentes de área se generan por varios factores, entre ellas se encuentran las actividades que realizan fuentes pequeñas como emisiones atmosféricas por incendios forestales, quema de residuos, usos de gas licuado de petróleo (GLP), estaciones de servicio, actividades mineras, vegetación, erosión eólica, entre otras. Estas fuentes individualmente no son representativas, sin embargo, cuando ascienden en cantidad o superan los límites de emisión, se vuelven dañinas para el ambiente.

En lo referente al cantón Puerto Francisco de Orellana, su crecimiento económico y poblacional surge a partir del auge de la explotación del petróleo, por lo cual, el cantón cuenta con diversas industrias petroleras con la mayor producción a nivel nacional. Estas actividades cotidianas de la industria, junto a las toneladas de contaminación al año generadas por las fuentes pequeñas de área, han generado contaminación en los últimos años.

Ahora bien, pese a la gran relevancia de este tipo de contaminación, en la actualidad existen pocos estudios o controles con referencia a la calidad del aire en el cantón, por lo que es importante realizar una estimación de emisiones atmosféricas y con ello aportar información a los inventarios de emisiones del cantón, determinando así los tipos de contaminantes y cantidades generadas por las fuentes pequeñas.

Finalmente, en Puerto Francisco de Orellana no existen estimaciones de las emisiones atmosféricas del cantón, por tanto, el cantón no cuenta con estudios referentes a la calidad de aire o con información necesaria de la cantidad de contaminantes emitidos diariamente, motivo por el cual, el presente trabajo responde a la siguiente pregunta de investigación:

¿Es posible estimar las emisiones atmosféricas a partir de fuentes de área con la finalidad de contribuir en la Gestión de la contaminación atmosférica del cantón Puerto Francisco de Orellana?

1.3. Justificación

Dentro de la legislación ecuatoriana, en la Constitución de la República del Ecuador, el artículo 14 reconoce el derecho de la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equitativo que brinde sostenibilidad y garantías óptimas para el buen vivir, *sumak kawsay* p.24. Además,

abarca uno de los objetivos de desarrollo sostenible establecidos por las Naciones Unidas, el de ciudades y comunidades sostenibles, planteándose como una de sus metas la reducción del impacto que genera la producción per cápita de las ciudades, posicionando como prioridad a la calidad del aire y gestión adecuada para desechos municipales y otros tipos, p.53.

Al respecto, es preciso indicar que el recurso aire cada vez sufre los estragos de las desmedidas actividades antrópicas que generan distintas fuentes de emisiones en cada región, ciudad o nación, lo cual acarrea problemas no solo ambientales, sino también para la salud humana, pues diversos agentes contaminantes y sustancias pueden actuar en cooperación con factores ambientales como la temperatura, humedad, velocidad del viento, entre otros, mismos que son poco monitoreados (Boletín de Información Clínica Terapéutica de la ANMM, 2015, p.44), logrando así que la población se encuentre expuesta a peligros asociados con la salud (Hernández et al., 2018: p.38).

A este respecto, la fuente de emisión del cantón Puerto Francisco de Orellana se basa en la industria petrolera, actividad económica que, a pesar de contribuir con el crecimiento económico del cantón, ha deteriorado la calidad del aire de este, pues dichas actividades, por los procesos de combustión que realizan, emiten contaminantes tóxicos para el ambiente (Bermeo, 2022, p.2) perjudicando el nivel de vida de la población del cantón.

En consecuencia, el Gobierno Autónomo Descentralizado de Puerto Francisco de Orellana (GADMPO) recientemente ha brindado prioridad a la gestión del recurso aire del cantón, adquiriendo para ello un equipo de monitoreo para material particulado (PM) y así controlar las emisiones generadas por las actividades antropogénicas (PDOT, 2020, p.159). Por otro lado, para cumplir de manera eficiente los objetivos ambientales, este tipo de monitoreos deben integrarse a investigaciones y estudios atmosféricos, que resulten en lineamientos o programas que garanticen el control de los contaminantes emitidos, a través de diferentes mecanismos, entre ellos, capacitaciones a los pobladores del cantón que permitan un cambio de percepción sobre la importancia de preservar la calidad del aire.

Ahora bien, a pesar de que en el cantón existen estudios atmosféricos de fuentes fijas, específicamente de las chimeneas de petróleo, no existen datos de estimaciones atmosféricas por fuentes de área. En tal virtud, el presente trabajo de titulación, con la aplicación de diferentes metodologías, uso de softwares y Sistemas de Información Geográfica (SIG), estima las emisiones atmosféricas en fuentes de área del cantón, pues también aportan a la contaminación atmosférica; detalla las toneladas por año del contaminante por cada fuente, y plasma desagregaciones temporal y espacial de las emisiones generadas. Todo ello con el fin de aportar con información, que pese a ser incipiente, se considera relevante, verás y necesaria para estudios futuros que contribuyan a la toma de decisiones acertadas, por parte de los entes gubernamentales,

orientadas al control y mejora de la calidad del aire del cantón, y por ende, calidad de vida de sus pobladores.

1.4. Objetivos

1.4.1. General

Estimar las emisiones atmosféricas de fuentes de área del cantón Puerto Francisco de Orellana para el año 2020.

1.4.2. Específicos

- Identificar las fuentes de área representativas del cantón Puerto Francisco de Orellana para el año 2020.
- Determinar las emisiones de los contaminantes atmosféricos del cantón Puerto Francisco de Orellana para el año 2020.
- Desagregar temporal y espacialmente las emisiones atmosféricas para el cantón Puerto Francisco de Orellana para el año 2020.

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

En este capítulo se detalla la revisión bibliográfica utilizada para la elaboración del presente trabajo de integración curricular, por lo cual se citan teorías y conceptos por varios autores. Las fuentes fueron investigadas a través de páginas oficiales en la web, mediante la verificación de información fiable y actualizada; los datos obtenidos fueron por reportes emitidos de las distintas instituciones del Estado.

2.1. Referencias teóricas

2.1.1. *Atmósfera*

La atmosfera posee un espesor de 10000 kilómetros aproximadamente y es una fina capa cuya composición radica en la combinación de diversos gases, partículas y aerosoles que envuelven a la tierra. La mezcla de estos gases es aproximadamente de una veintena con proporciones relativas y se mantienen constantes hasta una altura de 25 km (Martínez, 2016, p.3).

La concentración de los gases va de acuerdo con la altura, ya que la conformación de la atmosfera en nuestro planeta surge como resultado gravitacional. En ella se suscitan fenómenos climáticos y meteorológicos, además actúa como regulador mediante el efecto (entrada – salida) de la energía terrestre y sirve de medio para transferencias de calor. Es una barrera protectora ante posibles objetos que pudiesen chocar y afectar a la superficie terrestre, asimismo, frena las radiaciones solares que son tan letales para la vida y sustentabilidad de las poblaciones debido a las alteraciones y enfermedades que se producen, cabe destacar que es necesaria para el cumplimiento del ciclo del agua y el clima (Cuevas, 2019, p.6).

2.1.1.1. *Composición*

Los principales gases de la atmosfera son el nitrógeno en un 78% y el oxígeno en un 21%. El 1% que resta lo conforma un conjunto de gases como el argón, helio, neón, xenón, ozono y gases de efecto invernadero, su porcentaje estimado se detalla en la tabla 2-1 a continuación:

Tabla 2-1: Composición y porcentaje de varios gases existentes en la atmósfera

GAS	PORCENTAJE (%)	GAS	PORCENTAJE (%)
NITRÓGENO (N)	78,08	Neón, Helio y Criptón	0,0001
OXIGENO (O)	20,95	Vapor de agua	0 – 4

DIÓXIDO DE CARBONO (CO ₂)	0,0003	Dióxido de sulfuro	Trazas
ARGÓN (AR)	0,93	Metano	0,0001745
OZONO (O ₃)	0 – 0,1	Óxidos de nitrógeno	0,00003

Fuente: Núñez, 2022

El aire no se encuentra repartido homogéneamente en la atmosfera, ya que está concentrado muy cerca de la superficie de forma comprimida por la atracción gravitatoria. La densidad del aire, este va disminuyendo a diferentes alturas ya que en su mayoría la masa del aire se sitúa en zonas bajas, a los 5.5 kilómetros cerca de la superficie se sitúa la mitad del total de la masa de aire y debajo de los 15 kilómetros se ubica el 95% de la materia atmosférica.

2.1.1.2. *Comportamiento meteorológico*

El comportamiento meteorológico relaciona distintas variables que cambian constantemente variables y sus modificaciones corresponden a distintos fenómenos presentes en la atmosfera, sean estos causados por vegetación o por su topografía. Estas variables son: temperatura, humedad relativa, dirección del viento, precipitación, presión, entre otros (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, s.f.).

Es necesario mencionar que los factores o variables antes expuestas van de acuerdo con la zona de estudio, ya que depende de los cambios meteorológicos que se dan en forma específica, esto da paso a comprender el origen de contaminantes y niveles de emisiones que se presenten en las áreas por las actividades antropogénicas ejercidas. Por tanto, se requieren monitoreos continuos para establecer medidas de mitigación y mejoramiento en las condiciones de la calidad del aire (Huere, 2021, pp.7-8).

2.1.2. *Contaminación*

La contaminación es la presencia de componentes nocivos que bien pueden ser de naturaleza biológica o por actividades antropogénicas en el ambiente, además es la causa principal del calentamiento global y amenaza evidente para la biodiversidad. De manera general, es una alteración o degradación del ambiente y sus componentes, dejan efectos negativos sobre la salud en los seres vivos y desequilibran el planeta (BBVA, 2023).

2.1.2.1. *Contaminación atmosférica*

En la actualidad existen tratados, convenios y acuerdos internacionales los cuales se direccionan a la disminución de la contaminación atmosférica. Esta simboliza el riesgo ambiental sobre la

salud de los seres humanos, debido a la presencia de agentes químicos, físicos o biológicos que van alterando las características naturales de la atmósfera. La calidad del aire es una variable que condiciona la residencia de los sistemas urbanos y en la actualidad se ha visto modificada por causas antropogénicas o naturales (Martínez, 2016, pp.10-12).

2.1.2.2. *Contaminantes atmosféricos primarios*

Los contaminantes atmosféricos de primer nivel son aquellos que emiten de manera directa los contaminantes hacia la atmósfera y proviene de distintas fuentes, como se indica a continuación:

Monóxido de carbono (CO): El (CO) es un gas incoloro no irritante, inodoro y sin sabor, este gas se genera por la combustión incompleta del carbón, puede darse al encender algún tipo de combustible sea este el gas natural, propano, gasolina, petróleo, queroseno, entre otros. Puede ocasionar la muerte ya que si el gas toxico ingresa en el torrente sanguíneo este frenara el paso del oxígeno necesario para el organismo, provocando envenenamiento y causando daños en los tejidos (U.S. Environmental Protection Agency [US.EPA], 2021).

Compuestos azufrados (SOx): Son los óxidos dominantes del azufre que se encuentran dispersos presentes en la atmósfera, estos compuestos son el resultado de la combustión de combustibles fósiles, por lo general son los derivados del petróleo y carbón. Estos compuestos son capaces de acelerar la corrosión de los materiales al formar inicialmente ácido sulfúrico en la atmósfera o sobre la superficie de los metales (Porta et al., 2018: p.49).

Compuestos nitrogenados (NOx): Conocidos como compuestos por óxido nítrico (NO) y dióxido de nitrógeno (NO₂), gases muy reactivos pueden generarse de manera natural por descomposición bacteriana de nitrógeno orgánico, incendios forestales, entre otros. O por generación antropogénica por uso de combustibles fósiles o combustión vehicular (Condorchem Envitech, s.f.).

Material particulado menos a 2.5 micrones (PM_{2,5}): Este tipo de contaminante se emiten mediante combustión industrial o residencial, emisiones del parque automotor, incendios forestales y ciertas reacciones de los gases presentes en la atmósfera como se da en el caso de los SO₂ y NO_x, al igual que los compuestos volátiles. Es esencial mencionar la grave afectación que tiene en la salud ya que son capaces de penetrar en las vías respiratorias dejando efectos muy graves como el asma o neumonías en los seres vivos (Galarza, 2018, p27).

Material particulado menos a 10 micrones (PM₁₀): Son contaminantes emitidos por lo general de construcciones y los vehículos, son la principal fuente de emisiones atmosféricas en referencia a los compuestos orgánicos volátiles (COV's), monóxido de carbono y óxidos de nitrógeno. Dejan secuelas graves en el sistema respiratorio, ocasionando así enfermedades y condiciones respiratorias en las comunidades aledañas. Por las razones antes mencionadas, es elemental el

control y seguimiento de los planes de calidad del aire en las localidades para así reducir las emisiones y la contaminación atmosférica vivos (Galarza, 2018, p27-28).

Compuestos Orgánicos Volátiles (COV's): Son compuestos de carbón, los cuales participan en reacciones con la atmosfera, de estos se excluyen monóxido de carbono, ácido carbónico, carbonato de amonio, dióxido de carbono y los carbonatos metálicos (Reyes y Tito, 2017: p.14). De acuerdo con Viteri (Viteri, 2012, p.2). se sabe que los COVs por sus reacciones fotoquímicas generan ozono troposférico y óxidos de nitrógeno, bajo el efecto de la radiación.

Asimismo, los COVs son producidos por plantas y algunos microorganismos mediante diversos procesos fisiológicos, especialmente son producidos por varios tejidos vegetales (Viteri, 2012, p.2). Estos compuestos pueden actuar como defensivos para la planta e incluso puede ayudar como información entre ellas (Viteri, 2012, p.18-19).

2.1.2.3. *Contaminantes atmosféricos secundarios*

Los contaminantes atmosféricos no solo afectan a la contaminación del aire, sino también son reconocidos por sus efectos negativos en la salud (Peña, 2018, p.286), los cuales son:

Dióxido de azufre (SO₂): Es un gas que se produce de la combinación de azufre y oxígeno, esto puede ser por emisión espontanea, es el caso de los vulcanismos en la naturaleza o procesos de combustión. Por lo general su tiempo de vida es de 2 a 4 días, poseen un olor bastante característico y penetrante y por tal razón ocasiona irritaciones en ojos y vías respiratorias. En su transcurso de oxidación en la atmosfera se generan sulfatos, convirtiendo a este gas en uno de los contaminantes principales en procesos de acidificación (INDUANALISIS, 2019).

Dióxido de nitrógeno (NO₂): Esta considerado entre los contaminantes más peligrosos por su carácter irritante y por su descomposición mediante la luz solar. Es un sólido incoloro, liquido amarillento o como un gas rojizo. El 67% de las emisiones del NO_x se producen por las actividades antropogénicas o naturales, las fuentes artificiales de óxidos de nitrógeno son el carbón, gasolina y petróleo. El NO₂ se descompone en agua y va formando ácidos de tipo nítrico y nitroso dando paso a la reacción de alcálisis para obtener nitritos y nitratos (INSST, 2018).

Ozono (O₃): Es un gas incoloro e inestable debido a sus tres átomos de oxígeno, su característica principal es su capacidad de oxidación, reacciona fácilmente con distintos compuestos químicos. Es una pieza elemental en el sistema climático ya que protege la vida de los seres vivos en el planeta, por medio de la absorción de rayos ultravioleta. A pesar de ello, el mismo es un gas de efecto invernadero ya que si bien absorbe los rayos UV también los emite, contribuyendo así al calentamiento global (IDEAM, 2017).

Hidrocarburos: Son contaminantes que se oxidan en la troposfera en presencia de oxígeno O, radical hidróxido OH y ozono O₃, a causa de la baja presión de vapor, además estos compuestos van formando concentraciones en el aire. La emisión de hidrocarburos generalmente proviene de diversas fuentes de tipo natural o antropogénica y debido a que los hidrocarburos emitidos son tan numerosos, no es posible medirlos o estudiarlos de manera individual, pero si es posible estimar la cantidad de contaminación liberada a la atmósfera anualmente (GOBIERNO DE CANARIAS, s.f.)

Metales: La presencia de metales pesados en la atmósfera es el indicador principal de bioacumulación, y aumento de concentración en un organismo biológico, Actividades industriales o mineras producen metales tóxicos como plomo Pb, mercurio Hg, cadmio Cd, arsénico As, entre otros gases, en el transcurso del tiempo se acumulan en los tejidos y causan envenenamiento (Cruz et al., 2017, p.24).

2.1.3. Tipos de fuentes

2.1.3.1. Fuentes fijas

Según el Acuerdo Ministerial 0,97-A las fuentes fijas son una infraestructura, planta e instalación utilizada en un proceso industrial, comercial o de servicios, los cuales por medio de los procesos de combustión pueden liberar contaminantes al aire desde un lugar fijo (Ministerio del Ambiente, 2015).

2.1.3.2. Fuentes móviles

Estas fuentes son las que se pueden mover de manera autónoma, las cuales emiten contaminantes en su trayecto, los vehículos de motor son los principales aportan a la contaminación atmosférica en áreas urbanas, por tanto, contribuyen con contaminantes como el NO_x, SO₂, PM_{2.5}, PM₁₀, CO (Reyes y Tito, 2017, p15).

2.1.3.3. Fuentes de área

Las fuentes de áreas son conocidas por ser la unión de diversas fuentes en serie, suelen ser pequeñas y numerosas, lo que más se destaca de este tipo de fuentes de emisión es que se encuentran más dispersas, y por ello, no pueden ser incluidas dentro de los inventarios de las fuentes puntuales. Sin embargo, en conjunto tienen efectos adversos en la calidad del aire de una localidad, región o nación (Reyes y Tito, 2017, p15).

2.1.4. Tipos de fuentes de área

Existen distintos tipos de fuentes de áreas, sin embargo, para la estimación de emisiones atmosféricas del cantón Puerto Francisco de Orellana se escogieron las siguientes fuentes:

emisiones atmosféricas por incendios forestales, quema de residuos agrícolas a cielo abierto, usos de GLP, estaciones de servicio, actividades mineras, vegetación y erosión eólica; mismas que serán detalladas a continuación.

2.1.4.1. Incendios forestales

Esta fuente se da por combustión de origen natural no controlada, a su paso acaba con vegetación de la zona específica donde se produce el evento. Su importancia se asocia porque tiene la capacidad de emitir gran cantidad de contaminantes en la atmósfera, el cual genera un impacto sobre todo en áreas aledañas ya sean urbanas o rurales (SICAM Ingeniería, 2015, p.49-54).

2.1.4.2. Quema de residuos agrícolas

Las emisiones por quema de residuos agrícolas hacia la atmósfera arrojan partículas sumamente tóxicas y contaminantes, debido a la generación de dióxido y monóxido de carbono, mercurio y pequeñas partículas capaces de oscurecer los rayos del sol o afectar severamente al sistema respiratorio por el PM 2.5 que estas actividades producen (Rodríguez, 2021).

2.1.4.3. Uso de Gas licuado de petróleo (GLP)

El GLP es un combustible que proviene de la mezcla de hidrocarburos como el propano y butano, entre otros gases en menor proporción, pese a que es uno de los combustibles más convencionales y utilizados a nivel doméstico e industrial, genera aproximadamente 3025,1 ton al año, por tanto, la tasa de emisión de CO₂ es una consideración bastante preocupante y sobre todo un tema de control por las autoridades de área de calidad ambiental (PRIMAGAS, s.f.).

2.1.4.4. Estaciones de servicios

La contaminación del aire que producen las estaciones de servicio radica en la tasa de emisión por el tipo de contaminante y que generalmente provienen de la combustión del CO₂ además de los vapores emitidos a lo largo de la descarga de los combustibles en los tanques de la estación. Los componentes presentes en combustibles como el benceno pueden aumentar el riesgo de padecer cáncer, sobre todo en las comunidades que se encuentran aledañas a los establecimientos y se debe principalmente por la evaporación que se generan en las operaciones de carga (Pérez, 2021).

2.1.4.5. Actividades mineras

Las emisiones generadas por fuentes mineras constituyen la principal causa de enfermedades graves a los seres vivos que estén en su entorno, por causa de la difusión de gases y vapores

tóxicos que generan dióxido de azufre. Cabe mencionar, que en el tratamiento de los metales se liberan gases de efecto invernadero como el CO₂ y CH₄. Las principales enfermedades que se generan por los contaminantes de esta fuente de área son trastornos respiratorios, cáncer y la asfixia de plantas y árboles (Vilela et al., 2020).

2.1.4.6. Vegetación

Las emisiones por compuestos orgánicos volátiles de origen biogénico poseen una alta influencia en la formación del ozono troposférico. Las emisiones por vegetación se clasifican en tres categorías, de acuerdo a la tasa de actividad y densidad de biomasa foliar. El ozono que se desprende de esta fuente de área produce consecuencias como las reacciones fotoquímicas de los COVs y óxidos de nitrógeno, por influencia directa de la radiación solar, lo que es altamente perjudicial para los seres humanos y plantas. Por ello, las emisiones biogénicas se consideran como causantes de afectaciones en el sistema cardiorrespiratorio (Viteri, 2012, p.1-3).

2.1.4.7. Erosión eólica

Este tipo de fuente es la principal causante de las altas concentraciones de PM₁₀, esto sucede por acción del viento, ya que las partículas se trasladan dependiendo de su intensidad, el polvo que se levanta suelo por acción del viento deja efectos en las propiedades y comportamiento de la atmósfera comportamientos de la atmósfera. Para los seres vivos y sobre todo en humanos estas emisiones de material particulado generan neumocosis debido al depósito de polvo de minerales en el pulmón y la subsiguiente reacción tisular pulmonar al polvo (Silenzi et al., 2016, p.5-8).

2.1.5. Guías de modelos de emisiones

Los modelos de emisiones han sido desarrollados por diversas guías usadas para los inventarios de emisiones contaminantes atmosféricos, los cuales se detallan a continuación:

2.1.5.1. Air Pollutant Emission Inventory Guidebook (EMEP/EEA)

Es una guía diseñada para orientar sobre la estimación de emisiones de fuentes de emisión antropogénicas y naturales, facilita la notificación de los inventarios de emisiones, la misma es un respaldo de la notificación de datos en virtud del Convenio de la CEPE sobre la contaminación atmosférica transfronteriza a larga distancia (CLRAP), en su base de datos de factores de emisión se dividen en 2 partes, la primera en análisis de categorías clave y la segunda en capítulos de orientación sectorial para diversas fuentes de emisión (EMEP/EEA, 2019, p.7-21).

2.1.5.2. *Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático (IPCC)*

Su objetivo es proporcionar una base científica sólida y actualizada para apoyando la elaboración y mejora continua de los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero. Esta guía proporciona metodologías complementarias para fuentes y sumideros de gases de efecto invernadero donde se han identificado brechas, donde han surgido nuevas tecnologías y procesos de producción que requieren metodologías elaboradas, o para fuentes y sumideros que no están bien cubiertos por las Directrices del IPCC de 2006. El IPCC realiza informes o reportes de evaluaciones integrales que comprenden datos de estados científicos, técnicos, socioeconómicos y sobre todo a los efectos del cambio climático. Enmarcando a los impactos y riesgos a futuro, permite que se establezcan propuestas para disminuir las evidentes consecuencias que está dejando el cambio climático. El enfoque principal que maneja el IPCC son los Informes Especiales sobre temáticas que se acuerdan y proponen sus gobiernos internos, ejemplo de aquello, son los Informes Metodológicos que brindan guías para el diseño o estimación de inventarios de gas de efecto invernadero (GEI) (IPCC, 2018, p.1-2).

2.1.5.3. *United States Environmental Protection Agency (US.EPA)*

Estos recursos brindan la guía disponible más reciente sobre el desarrollo de inventarios de emisiones para cumplir con los requisitos del Plan de implementación estatal (SIP). Los SIP del inventario de emisiones son requeridos por las reglas de implementación del Estándar Nacional de Calidad del Aire Ambiental (NAAQS) y la Ley de Aire Limpio. Estos recursos están destinados a ser utilizados por agencias aéreas estatales, locales y tribales y las oficinas regionales de la EPA (US.EPA, 2020).

2.2. **Base legal**

La base legal para el presente trabajo de titulación abarca leyes ecuatorianas vigentes, las cuales se detallan en la tabla 2-2.

Tabla 2-2: Legislación ecuatoriana aplicada a la calidad del aire

LEY	DESCRIPCIÓN
CONSTITUCIÓN DE LA REPÚBLICA DEL ECUADOR	<ul style="list-style-type: none">• Sección segunda (Ambiente sano) <p>Art. 14.- Se reconoce el derecho de la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, que garantice la sostenibilidad y el buen vivir, <i>sumak kawsay</i>. Se declara de interés público la preservación del ambiente, la conservación de los ecosistemas, la biodiversidad y la integridad del patrimonio</p>

	<p>genético del país, la prevención del daño ambiental y la recuperación de los espacios naturales degradados.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Capítulo Segundo: Biodiversidad y recursos naturales <p>Sección primera (Naturaleza y ambiente)</p> <p>Art. 395.- La Constitución reconoce los siguientes principios ambientales:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. El Estado garantizará un modelo sustentable de desarrollo, ambientalmente equilibrado y respetuoso de la diversidad cultural, que conserve la biodiversidad y la capacidad de regeneración natural de los ecosistemas, y asegure la satisfacción de las necesidades de las generaciones presentes y futuras. 2. Las políticas de gestión ambiental se aplicarán de manera transversal y serán de obligatorio cumplimiento por parte del Estado en todos sus niveles y por todas las personas naturales o jurídicas en el territorio nacional. 3. El Estado garantizará la participación activa y permanente de las personas, comunidades, pueblos y nacionalidades afectadas, en la planificación, ejecución y control de toda actividad que genere impactos ambientales. 4. En caso de duda sobre el alcance de las disposiciones legales en materia ambiental, éstas se aplicarán en el sentido más favorable a la protección de la naturaleza. <ul style="list-style-type: none"> • Sección séptima (Biosfera, ecología urbana y energías alternativas) <p>Art. 414.- El Estado adoptará medidas adecuadas y transversales para la mitigación del cambio climático, mediante la limitación de las emisiones de gases de efecto invernadero, de la deforestación y de la contaminación atmosférica; tomará medidas para la conservación de los bosques y la vegetación, y protegerá a la población en riesgo.</p>
<p style="text-align: center;">PROTOCOLO DE KIOTO DE LA CONVENCIÓN MARCO DE LAS NACIONES UNIDAS SOBRE EL CAMBIO CLIMÁTICO</p>	<p>Artículo 2: Con el fin de promover el desarrollo sostenible, cada una de las Partes incluidas en el anexo I, al cumplir los compromisos cuantificados de limitación y reducción de las emisiones contraídos en virtud del artículo 3: a) Aplicará y/o seguirá elaborando políticas y medidas de conformidad con sus circunstancias nacionales, por ejemplo, las siguientes:</p> <p>iv) investigación, promoción, desarrollo y aumento del uso de formas nuevas y renovables de energía, de tecnología de secuestro del dióxido de carbono y de tecnologías avanzadas y novedosas que sean ecológicamente racionales;</p>
<p style="text-align: center;">CÓDIGO ORGÁNICO AMBIENTAL (COA)</p>	<p>Art. 1.- Objeto. Este Código tiene por objeto garantizar el derecho de las personas a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, así como proteger los derechos de la naturaleza para la realización del buen vivir o sumak kawsay.</p> <p>Las disposiciones de este Código regularán los derechos, deberes y garantías ambientales contenidos en la Constitución, así como los instrumentos que fortalecen su ejercicio, los que deberán asegurar la sostenibilidad, conservación,</p>

	<p>protección y restauración del ambiente, sin perjuicio de lo que establezcan otras leyes sobre la materia que garanticen los mismos fines.</p> <p>Art. 152.- Del arbolado urbano para el desarrollo urbano sostenible. Con el fin de promover el desarrollo urbano sostenible, se reconoce como de interés público el establecimiento, conservación, manejo e incremento de árboles en las zonas urbanas, priorizando los árboles nativos en las zonas territoriales respectivas.</p> <p>Los Gobiernos Autónomos Descentralizados Metropolitanos o Municipales incluirán estas actividades en su planificación territorial como estrategias esenciales para disminuir la contaminación del aire y acústica, mejorar el microclima, fortalecer el paisaje y equilibrio ecológico, apoyar al control de las inundaciones, mitigar los efectos del cambio climático y adaptarse al mismo, favorecer la estética de las ciudades, promover oportunidades educativas ambientales, mejorar la calidad de vida, salud física y mental de los habitantes, entre otros.</p> <p>El Estado central otorgará incentivos a aquellos Gobiernos Autónomos Descentralizados Metropolitanos o Municipales que contribuyan eficazmente al establecimiento, conservación e incremento del arbolado urbano.</p> <p>Art. 191.- Del monitoreo de la calidad del aire, agua y suelo. La Autoridad Ambiental Nacional o el Gobierno Autónomo Descentralizado competente, en coordinación con las demás autoridades competentes, según corresponda, realizarán el monitoreo y seguimiento de la calidad del aire, agua y suelo, de conformidad con las normas reglamentarias y técnicas que se expidan para el efecto.</p> <p>Se dictarán y actualizarán periódicamente las normas técnicas, de conformidad con las reglas establecidas en este Código. Las instituciones competentes en la materia promoverán y fomentarán la generación de la información, así como la investigación sobre la contaminación atmosférica, a los cuerpos hídricos y al suelo, con el fin de determinar sus causas, efectos y alternativas para su reducción.</p> <p>Art. 260.- De los gases de efecto invernadero. La Autoridad Ambiental Nacional podrá determinar y establecer esquemas de compensación de emisiones de gases de efecto invernadero en el ámbito nacional. Estos esquemas de compensación serán reconocidos por la Autoridad Ambiental Nacional o compatibles con instrumentos ratificados por el Estado y la política nacional de cambio climático.</p> <p>Los inventarios de gases de efecto invernadero, la contabilidad de reducción de emisiones y los esquemas de compensación serán regulados por la Autoridad Ambiental Nacional.</p>
<p>REGLAMENTO AL CÓDIGO ORGÁNICO DEL AMBIENTE (RCOA)</p>	<p>Art. 28.- Fines de la investigación ambiental.- La investigación ambiental, como instrumento del Sistema Nacional Descentralizado de Gestión Ambiental, tendrá los siguientes fines: a) Desarrollar y adquirir nuevos conocimientos e información ambiental; b) Contar con datos científicos y técnicos sobre el medio ambiente,</p>

	<p>con el objeto de construir políticas y estrategias ambientales nacionales; y, c) Contar con una base de información científica y técnica que fundamente la toma de decisiones sobre la gestión ambiental, orientadas a prevenir y solucionar problemas ambientales, promover el desarrollo sostenible, garantizar la tutela de los derechos de naturaleza y de las personas.</p> <p>Art. 714.- Fines de la información sobre cambio climático. - La información que administre la Autoridad Ambiental Nacional en materia de cambio climático permitirá: a) Formular políticas, estrategias, planes, programas y proyectos para enfrentar el cambio climático; b) Evaluar el cumplimiento de los instrumentos para la gestión del cambio climático; c) Identificar potenciales medidas y acciones de mitigación y adaptación que puedan ser implementadas; d) Identificar y monitorear el impacto ambiental, económico y social, resultado de la implementación de políticas, medidas y acciones de cambio climático; e) Realizar el inventario nacional de las emisiones antropogénicas de gases de efecto invernadero por fuentes y sumideros;</p> <p>Art. 727.- Indicadores de calidad. - El Inventario Nacional de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero deberá cumplir con los siguientes indicadores de calidad: a) Transparencia: Las hipótesis y metodologías utilizadas en un inventario deberán explicarse con claridad para facilitar la generación y evaluación del inventario por los usuarios de la información suministrada; b) Exhaustividad: Se reportarán las estimaciones para todas las categorías pertinentes de fuentes, sumideros y gases. c) Coherencia: Las tendencias anuales de los inventarios, en la medida de lo posible, deben calcularse por el mismo método y las mismas fuentes de datos en todos los años, y, deben tener por objeto reflejar las fluctuaciones anuales reales de emisiones o absorciones, sin estar sujetas a los cambios resultantes de las diferencias metodológicas; d) Comparabilidad: Se reportará el inventario nacional de gases de efecto invernadero de forma tal que permita su comparación con los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero correspondientes a otros países; y, e) Exactitud: El inventario nacional de gases de efecto invernadero no contendrá estimaciones excesivas, ni insuficientes del valor real, realizando todos los esfuerzos necesarios para eliminar el sesgo de las estimaciones.</p>
--	---

Realizado por: Castillo y Ocampo, 2023.

CAPÍTULO III

3. MARCO METODOLÓGICO

La investigación se desarrolló con base en los datos solicitados en los entes gubernamentales como: el Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI), Agencia de Regulación y Control Minero (ARC), Prefectura del Orellana (GADPO), Agencia de Regulación y Control Hidrocarburíferas (ARCH), entre otras. Las metodologías aplicadas para el cálculo de las emisiones de fuentes de área fueron a través de guías de IPCC, los cuales son validados por la EPA y EMEP. Por otro lado, también se contaron con visitas de campo a los sectores estratégicos del cantón Puerto Francisco de Orellana, con la finalidad de estimar los contaminantes considerados por fuentes de área y evaluando las incertidumbres y sus factores de emisión.

3.1. Ubicación de la zona de estudio

El cantón Puerto Francisco de Orellana se localiza al norte de la región amazónica del Ecuador y es la capital de la provincia de Orellana, se ubica entre las cuencas de los ríos Napo, Coca y Payamino, ocupando una superficie total de 7.047km² con un rango de altitud de 100 a 720 m.s.n.m. Está formado por 12 parroquias, de las cuales 11 son rurales y 1 es considerada como urbana, también denominada como “El Coca”. Este cantón cuenta con una población de 72.795 habitantes según los datos del censo de INEC para el año 2010 (PDOT, 2020, p.183).



Ilustración 3-1: Mapa de ubicación de Puerto Francisco de Orellana

Fuente: Instituto Geográfico Militar (IGM), 2013

Realizado por: Castillo y Ocampo, 2023.

3.1.1. Aspecto social

El cantón Puerto Francisco de Orellana también llamado “El Coca” por la gran mayoría de sus pobladores, se distingue sobre todo por sus habitantes nativo-amazónicos pertenecientes a las nacionalidades Huaorani, Quichua y Shuar. Además de sus colonos, ciudadanos de varias regiones del país que han decidido quedarse y combinar tradiciones y características culturales de todas partes del país. A nivel local las nacionalidades más presentes que forman parte del desarrollo local son las etnias afroecuatoriana y mestiza (PDOT, 2019, p.46).

3.1.2. Aspecto económico

La economía del cantón Puerto Francisco de Orellana se encuentra basada en tres ejes fundamentales, por la industria petrolera, agricultura y turismo, gracias al potencial biodiverso que existe en la localidad. Cerca de los años 70 la explotación petrolera emprendió camino en el cantón y las actividades de extracción se han desarrollado desde hace 40 años hasta la actualidad, esta ha sido desde siempre su principal fuente de ingresos y ha dado paso al crecimiento económico.

En la zona urbana Puerto Francisco de Orellana se dinamiza a través del intercambio comercial y prestación de servicios sean de manera directa e indirecta a la actividad petrolera, desde el aspecto agrícola, el cantón desde el año 2000 ha tenido un ascenso en la producción de cultivos de palma africana, maíz duro seco, cacao y café, esta surge de una reconvención productiva de colonos e indígenas amazónicos. Por otra parte, el turismo es la pieza fundamental en el desarrollo integral y sustentable del cantón, ya que por la cantidad de atractivos naturales y culturales del territorio se ha impulsado las mejoras y los aspectos físicos en las infraestructuras de los 19 sitios turísticos naturales y 5 sitios turísticos culturales, por ello puerto Francisco de Orellana es considerado como destino de vida (Sáez, 2016, p.6).

3.1.3. Flora

El cantón posee bosques de distintas especies maderables como el Chunchu, Laurel, Arenillo, Coco, Colorado, Canelo, Guarango, Copal, Caoba y Sangre de gallina, sin embargo, es necesario acotar que la más talada y comercializada es la Balsa amazónica debido a sus atributos y posteriores materias primas. Puerto Francisco de Orellana, además, es considerado como la región con la mayor variedad de orquídeas y sus distintivas heliconias (PDOT, 2019, p.23).

3.1.4. Fauna

Las especies de fauna que habitan en el cantón incluyen a especies grandes y mamíferos, los más reconocidos son los primates, artiodáctilos como sajinos o venados, perisodáctilos como tapires o dantas, roedores como la guanta o guatuso, carnívoros como el puma, tigrillo o jaguar y entre las especies de xenatros como el oso hormiguero, perezoso o armadillo, las especies mencionadas se encuentran en riesgo de tráfico y caza silvestre (PDOT, 2019, p.23).

3.1.5. Meteorología

El clima del cantón Puerto Francisco de Orellana es considerado tropical cálido húmedo, por lo que posee una temperatura promedio de 26 °C y una precipitación anual de 3000 mm (GADMF Orellana, 2020). A continuación, se muestra una tabla resumen de la información climática del cantón Puerto Francisco de Orellana de los años 1989 – 2018 obtenido de la Estación Meteorológica Aeropuerto.

Tabla 3-1: Información meteorológica del cantón Puerto Francisco de Orellana año base 2020

TEMPERATURA (°C)	Máxima	28,1
	Promedio	26,6
	Mínima	25,3
PRECIPITACIÓN (MM)	Mensual	276,95
	Anual	3323,4
HUMEDAD RELATIVA (%)		80,5

Fuente: PDOT, 2020

Realizado por: Castillo y Ocampo, 2023.

3.1.6. Suelo y tipos de suelo

En el cantón la clase taxonómica que predomina es Inceptisoles abarcando hectáreas hasta 334734,075. Estos suelos son caracterizados por ser suelos jóvenes que aún están en evolución, por lo que son aprovechados de manera forestal, tierras de cultivos en condiciones adecuadas. Mientras que los Ultisoles abarcan 114.456,896 ha, equivalente al 22% del territorio cantonal. Las diversas taxonomías de suelo del cantón se ven reflejadas en la siguiente tabla:

Tabla 3-2: Tipos de suelos del cantón Puerto Francisco de Orellana

TAXONOMÍA DE SUELO		SUPERFICIE (HA)	PORCENTAJE (%)
ORDEN	SUBORDEN		
ENTISOLES	Aquents	32,536	0,01
INCEPTISOLES	Aquents	59 709,70	11,51
ENTISOLES	Fluents	905,834	0,17
ULTISOLES	Humultus	114 456,90	22,07
ANDISOLES	Udands	27 919,54	5,38
INCEPTISOLES	Udepts	275 024,38	53,02
ULTISOLES	Udults	40 620,77	7,83
TOTAL		518669,649	99,99

Fuente: PDOT, 2020

Realizado por: Castillo y Ocampo, 2023.

3.2. Población y Muestra

3.2.1. Población

La población del presente trabajo se constituye por los pobladores del cantón Puerto Francisco de Orellana, el cual cuenta con 72.795 habitantes.

3.2.2. Tamaño de la muestra

Para obtener el tamaño de la muestra del cantón Puerto Francisco de Orellana se aplicó la siguiente ecuación:

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

Donde:

n = Tamaño de la muestra buscada

Z = Nivel de confianza del 95% (1,96)

N = Tamaño de la Población

E= corresponde a la estimación del máximo aceptado (5%)

p= Probabilidad de que suceda el evento en estudio (50%)

q= Probabilidad de que no suceda el evento en estudio (50%)

Reemplazando datos de la ecuación 1 se obtuvo:

$$n = \frac{1.96^2 \times 0.5 \times 0.5 \times 72795}{(72795-1) \times 0.5^2 + 1.96^2 \times 0.5 \times 0.5}$$

$$n=382$$

3.2.3. Tipo de muestreo

El tipo de muestreo aplicado en las encuestas realizadas en la población de estudio fue el muestreo no probabilístico por cuotas, el cual consistió en multiplicar los habitantes en cada parroquia por el 100% y dividir por la población del cantón, el resultado fue en porcentaje.

Para conocer el número de encuestas a ser aplicadas se realizó una regla de tres. Los resultados sobre el muestreo no probabilístico se registraron en la tabla 3-3 descrita a continuación:

Tabla 3-3: Datos obtenidos del muestreo no probabilístico por cuotas en el cantón

N°	PARROQUIA	HABITANTES	%	ENCUESTAS POR APLICAR
1	Puerto Francisco de Orellana	45163	62,04	216
2	Alejandro Labaka	1237	1,70	8
3	Dayuma	6298	8,65	20
4	El Dorado	1639	2,25	17
5	El Edén	900	1,24	9
6	García Moreno	1091	1,50	10
7	Inés Arango	3038	4,17	19
8	La Belleza	4133	5,68	25
9	Nuevo Paraíso	2717	3,73	17
10	San José de Guayusa	1951	2,68	15
11	San Luís de Armenia	2012	2,76	12

12	Taracoa	2616	3,59	14
TOTAL		72795	100	382

Fuente: Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC), 2010

Realizado por: Castillo y Ocampo, 2023.

3.3. Recolección de la información

La información obtenida para el procesamiento de datos será introducida en Excel, cada hoja de cálculo estará relacionada según el tipo de fuente y según el contaminante, esta contará con las ecuaciones descritas en el punto 3.4. del presente trabajo. Mientras que la información específica para cada fuente como el tipo de combustible, velocidad del viento, dirección del viento, entre otras, serán gestionadas por entes gubernamentales de la zona de estudio, y adicionalmente para la elaboración de mapas como cobertura vegetal y desagregación de cada fuente se usará coordenadas UTM (Universal Transverse Mercator) y shapefiles de la zona.

Los datos recopilados por parte de la población involucrada serán por medio de encuestas, tanto físicas como digitales, las cuales se efectuaron por medio del programa Google Forms y personalmente. El muestreo usado fue el no probabilístico por cuotas, el cual se detalló anteriormente, dando como resultado un total de 382 habitantes del cantón a ser encuestados.

3.4. Inventario de emisiones

3.4.1. Selección de las fuentes de área

Las fuentes de emisión que se han considerado para el desarrollo del inventario anual del cantón Puerto Francisco de Orellana se han clasificado de acuerdo con el nivel de significancia e importancia en donde se consideraron estas fuentes: quema de residuos agrícolas, uso de GLP, estaciones de servicio, actividades mineras (no metálicas), erosión eólica y vegetación.

Para el caso de la fuente de área correspondiente a Incendios forestales, según el Servicio Nacional de Gestión de Riesgos y Emergencias no se registraron datos el período 2020 para el desarrollo del presente estudio, ya que el último catastro suscitado fue en los años 2015 y 2018, por lo tanto, no se considera y se justifica mediante el Anexo F1.

3.3.1.1 Tipos de contaminantes abordados para el inventario

Para la determinación de los contaminantes de emisión para el desarrollo del inventario se dio con base en los parámetros establecidos en el Acuerdo 097 A, donde se indican los límites permisibles para la calidad del aire a nivel nacional.

- Material particulado (PM₁₀)

- Material particulado (PM_{2.5})
- Monóxido de carbono (CO)
- Dióxido de carbono CO₂
- Óxidos de nitrógeno (NO_x)
- Compuestos orgánicos volátiles (COV)
- Plomo (Pb)

3.4.2. *Recopilación de los datos por cada fuente de área*

La recopilación de datos para cada fuente de área establecida se realizó mediante la gestión puntual en cada uno de los entes gubernamentales del Ecuador, como respuesta se obtuvo el Registro de incendios forestales del cantón Puerto Francisco de Orellana, a través del Informe Situacional de Incendios 2020 del Servicio Nacional de Gestión de Riesgo del Ecuador (SNGRE), el Reporte Anual 2020 de la Agencia de Regulación y Control de Energía y Recursos Naturales No Renovables (ARCERNNR), donde se detalla el reporte al uso de GLP, Estaciones de Servicio y Actividades Mineras del cantón. El Reporte Anual de Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI) correspondiente a los datos de erosión eólica del cantón.

3.4.3. *Modelo de cálculo para quema de residuos agrícolas*

Las emisiones por quema de residuos se relacionan estrechamente con las actividades agrícolas del País, partiendo de la información solicitada en el Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca (MAGAP) de la provincia de Orellana, institución que otorgó el Plan de Manejo Integral de Fincas 2019-2020, dicha información sirvió como base para la obtención de las emisiones por áreas quemadas de residuos agrícolas. La metodología aplicada fue de acuerdo con la Guía para Inventarios de Emisiones de Contaminantes del Aire de la EMEP/EEA, dentro de la en el Capítulo 5.C.2 para quema a cielo abierto de residuos agrícolas de nivel 2, en el cual se relaciona el factor de emisión del contaminante descritas en el anexo E1 y por el rango de la tasa de actividad de la materia quemada. Por otro lado, para el cálculo de emisiones por quema de residuos agrícolas se realizó de acuerdo con la ecuación 2, descrita a continuación:

$$E_{\text{contaminante}} = AR_{\text{producción}} \times FE_{\text{contaminante}} \quad (\text{Ecuación 2})$$

Donde:

$E_{\text{contaminante}}$ = Emisión del contaminante especificado (ton/año).

$AR_{\text{producción}}$ = Tasa de actividad para la quema a cielo abierto de residuos agrícolas (ton/año).

$FE_{\text{contaminante}}$ = Factor de emisión de este contaminante (kg/Mg).

3.4.4. *Modelo de cálculo para uso del gas licuado de petróleo*

Para la estimación del uso de GLP del cantón se realizó con base en los datos obtenidos del Reporte Anual 2020 de la Agencia de Regulación y Control de Energía y Recursos Naturales No Renovables (ARCERNNR), en el cual se detalló la cantidad generada durante el año base, mientras que para el factor de emisión de cada contaminante se estableció de acuerdo con la metodología propuesta por la U.S. Environmental Protection Agency (US-EPA) dentro del apéndice 42, Quinta edición, Volumen I Capítulo 1: Fuentes de combustión externas, expuesta en el anexo E2. Por medio del inventario preliminar de las emisiones de contaminantes de varios cantones del Ecuador año 2010 (MAE, 2014) se detalla la ecuación de las emisiones anuales por el uso de GLP.

$$E_j = FE_j \times \frac{\text{ConGLP}}{1000000} \quad (\text{Ecuación 3})$$

Donde:

E_j = Emisión del contaminante j generado por el centro i (ton/año)

FE_j = Factor de emisión del tipo de contaminante j (g/kg)

ConGLP = Consumo de GLP (kg/a)

3.4.5. *Modelo de cálculo para estaciones de servicios*

Las emisiones generadas por estaciones de servicio, especialmente aquellas producidas durante el repostaje de combustible, son un parámetro importante por considerar, por lo cual, con base en el Reporte Anual 2020 otorgado por la Agencia de Regulación y Control de Energía y Recursos Naturales No Renovables (ARCERNNR), se detalló el nombre de las concesiones y niveles de producción. La metodología aplicada a esta fuente fue a través de la US-EPA en su Apéndice 42 según el capítulo correspondiente para el factor de emisión indicado en el anexo E3 y a su vez como guía el inventario preliminar de las emisiones de contaminantes de varios cantones del Ecuador año 2010 (MAE, 2014). A través de estos medios se obtuvo la siguiente ecuación:

$$E_j = \frac{3.78 \times \text{Ven}_k \times FE_j}{100000000} \quad (\text{Ecuación 4})$$

E_j = Emisión anual del contaminante j por venta del combustible (ton/año)

Ven_k = Venta del combustible en la estación de servicio k (gal/año)

FE_j = Factor de emisión del contaminante j (mg/L)

3.4.6. *Modelo de cálculo para actividades mineras*

De acuerdo con los datos recopilados para la determinación de las emisiones generadas por las actividades mineras se obtuvo el Reporte Anual 2020 de la Agencia de Regulación y Control de Energía y Recursos Naturales No Renovables (ARCERNNR), en el cual se detalló el nombre de las concesiones, volumen del material extraído, ubicación y tasa de actividad para la explotación de minas y canteras del cantón. Y para el cálculo de las emisiones de sólidos totales y material particulado (PM 2,5 y PM 10) conforme a la metodología propuesta en el Capítulo 2.A.5.a de Explotación de canteras y extracción de minerales distintos del carbón que se enmarca en la EMEP/EEA, donde se estipula la ecuación 5 del nivel 1 como forma de cálculo.

$$E_{\text{contaminante}} = AR_{\text{producción}} \times FE_{\text{contaminante}} \quad (\text{Ecuación 5})$$

Donde:

$E_{\text{contaminante}}$ = Emisión del contaminante especificado.

$AR_{\text{producción}}$ = Tasa de actividad para canteras/minas.

$FE_{\text{contaminante}}$ = Factor de emisión de este contaminante.

Cabe mencionar, que los factores de emisión de nivel 1 asumen el peor de los casos, como tecnología antigua, poca o ninguna implementación de reducción en el país e integran todos los subprocesos. Los valores de la tasa de actividad se obtuvieron de acuerdo con la información gestionada, mientras que los factores de emisión se estimaron de acuerdo con el anexo E4.

3.4.7. *Modelo de cálculo para vegetación*

La vegetación es una de las fuentes más importantes debido a sus emisiones de COV a la atmósfera y por su participación en la contaminación por ozono (O₃). Para la determinación de las emisiones generadas por vegetación se realizaron mediante de los datos recopilados del Reporte Anual correspondiente al año 2020 por el Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI) en el cual se detalla el registro situacional y mapa de uso de suelo de acuerdo con los shapfiles del Instituto Geográfico Militar (IGM). Para la obtención de datos se aplicó la metodología de Guenther 1993, además del estudio sobre “Estimación de las emisiones de Compuestos Orgánicos Volátiles de la vegetación del Ecuador durante el año 2010” (Guenther, 1993; citados en Viteri, 2012, p.27) como guía para el desarrollo y obtención de emisiones del presente trabajo. Cabe mencionar, que la metodología indica la estimación en función de su reactividad, donde se agrupan 3 categorías: (1) isopreno, 1 a 2h, (2) monoterpenos 0.5 a 3h y (3) otros compuestos orgánicos volátiles (OCOV), unos reactivos <1 d y otros >1d, como se detalla en las siguientes ecuaciones descritas a continuación:

$$E_{\text{iso}}(\text{k, horario}) = FE_j^{\text{iso}} \times \text{FCA}(\text{T, PAR}) \times \text{DBF}_j \times A \quad (\text{Ecuación 6})$$

Donde:

A = es el área de la celda (16 km²)

DBF_j = Densidad de biomasa foliar (g/m²) (de acuerdo con la categoría de uso del suelo)

Para el dato de DBF_j se verifica las coberturas descritas en el Anexo G.

E_{iso} (k, horario) = Emisión horaria de isopreno en la celda k (g/h)

FE_j^{iso} = Factor estándar de emisión de isopreno asociado a la categoría j de uso de suelo

FCA (T, PAR) = Factor de corrección ambiental (adimensional), este factor se obtiene de acuerdo a la temperatura T y la PAR

Por influencia de temperatura, se incluye a la ecuación 7:

$$\text{FCA}(\text{T, PAR}) = C_T \times C_L \quad (\text{Ecuación 7})$$

Donde:

C_T = Factor de corrección debido a la temperatura T (adimensional)

C_L = Factor de corrección debido a la PAR (adimensional), valores definidos por las ecuaciones 8 y 9:

$$C_L = \frac{\alpha \times C_{IL} \times L}{\sqrt{1 + \alpha^2 \times L^2}} \quad (\text{Ecuación 8})$$

$$C_T = \frac{\exp\left(\frac{C_{T1}(T-T_s)}{R \times T_s \times T}\right)}{1 + \exp\left(\frac{C_{T2}(T-T_m)}{R \times T_s \times T}\right)} \quad (\text{Ecuación 9})$$

Donde:

α = 0,0027 coeficiente empírico

C_{IL} = 1,066 coeficiente empírico

C_{T1} = 95000 J mol⁻¹ valor del coeficiente empírico

C_{T2} = 230000 J mol⁻¹ valor del coeficiente empírico

T_m = 314K

L = PAR (μ mol m⁻² s⁻²) en la celda k

T_s = 303 K temperatura en condiciones de referencia

R = 8,314 J K⁻¹ mol⁻¹ constante universal de los gases

Para esta fuente de emisión realizó la obtención con un promedio de día, mes y año (el año establecido 2020), empleando las siguientes ecuaciones:

$$E_{\text{iso}}(\text{k, diario}) = \sum_{h=1}^{24} E_{\text{iso}}(\text{k, horario}) \quad (\text{Ecuación 10})$$

$$E_{\text{iso}}(\text{k, mensual}) = \sum_{h=1}^{30} E_{\text{iso}}(\text{k, diario}) \quad (\text{Ecuación 11})$$

$$E_{\text{iso}}(\text{k, anual}) = \sum_{h=1}^{12} E_{\text{iso}}(\text{k, mensual}) \quad (\text{Ecuación 12})$$

Donde:

$$E_{\text{iso}}(\text{k, diario}) = (\text{g/día})$$

$$E_{\text{iso}}(\text{k, mensual}) = (\text{g/mensual})$$

$$E_{\text{iso}}(\text{k, anual}) = (\text{g/año})$$

Para las emisiones de monoterpenos en la celda k del dominio, se realiza mediante la aplicación de la ecuación 13:

$$E_{\text{mono}}(\text{k, horario}) = FE_j^{\text{mono}} \times M(T) \times DBF_j \times A \quad (\text{Ecuación 13})$$

Donde:

$$E_{\text{mono}}(\text{k, horario}) = \text{Emisión horaria de monortepenos en la celda k (g/h)}$$

FE_j^{mono} = Factor estándar de emisión (a 30°C de temperatura) de monoterpenos asociado al uso del duelo j asignado a la celda k ($\mu\text{g/gh}$)

$M(T)$ = Factor de corrección ambiental debido a la temperatura

De acuerdo con las tasas de emisión se rigen principalmente por la temperatura y su influencia se describe mediante la ecuación 14:

$$M(T) = \exp(\beta \times (T - T_s)) \quad (\text{Ecuación 14})$$

Donde:

$$\beta = 0,09 \text{ (K}^{-1}\text{) Coeficiente empírico}$$

Al igual que en el caso de los isoprenos, para la obtención de resultados en el promedio al día, mensual y anual se emplean las mismas que en las ecuaciones 10, 11 y 12; considerando que el factor de emisión es distinto para cada caso.

Para el caso de la tercera categoría correspondiente a otros compuestos orgánicos volátiles (OCOV), se emplea el modelo de la ecuación 13, considerando que su factor de emisión es distinto, tal como se indica en la ecuación 15 a continuación:

$$E_{\text{OCOV}}(k, \text{horario}) = FE_j^{\text{mono}} \times M(T) \times \text{DBF}_j \times A \quad (\text{Ecuación 15})$$

Y de igual manera que en el caso de los isoprenos, se emplean las mismas que en las ecuaciones 10, 11 y 12 para la obtención de resultados en el promedio al día, mensual y anual.

3.4.8. *Modelo de cálculo para erosión eólica*

Para la determinación de las emisiones generadas por erosión eólica se realizaron mediante de los datos recopilados del Reporte Anual correspondiente al año 2020 por el Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI) en el cual se detalla el registro situacional y para la obtención de datos se ha aplicado la metodología de US-EPA, en su modelo Wind Erosion Model (WEM) 2006b y con base en el Apéndice 42 US-EPA en el capítulo 13.2.5 donde detalla la estimación de emisiones de polvo por la acción erosiva del viento, como se indica en la ecuación 16.

$$E_f = \frac{k \times \sum_{i=0}^N \times 9,813 \times A \times P_i}{2000} \quad (\text{Ecuación 16})$$

Es preciso mencionar, que la presente metodología trabaja en función de los parámetros meteorológicos y a las características del tipo y tamaño de partícula, por tanto, establece a la ecuación 17:

$$P_i \left(\frac{g}{m^2} \right) = \left(58((u_i - u_t)^2) + 25(u_i - u_t) \right) \quad (\text{Ecuación 17})$$

Donde:

E_f = Factor de emisión (ton/año)

k = Factor aerodinámico de partículas (adimensional)

N = Número de días donde se excede la velocidad de fricción

A = Área expuesta (ha)

u_i = Velocidad de fricción en la superficie (m/s)

u_t = Velocidad de la fricción umbral a la altura del anemómetro (m/s)

u_d = Máxima velocidad del viento del día (m/s)

Para el cálculo de u_i se aplica:

$$u_i = 0,056 \times u_d \quad (\text{Ecuación 18})$$

Para la determinación de k, el factor o multiplicador del tamaño de partículas aerodinámicas se establecen los siguientes valores de acuerdo con la tabla 3-4:

Tabla 3-4: Multiplicador del tamaño de partícula

Multiplicadores de tamaño de partículas aerodinámicas para la ecuación 17

30 micras	< 15 micras	< 10 micras	< 2.5 micras
1.0	0.6	0.5	0.07

Fuente: US.EPA, 2006

El valor de u_i se determina por la moda de distribución según sea el tamaño de las partículas de las muestras del sitio eriazo en estudio.

Es preciso mencionar que la velocidad de fricción en la superficie se calcula con la velocidad de fricción a la altura del anemómetro empleando la ecuación 19:

$$u_t = \frac{u_i}{0.4} \ln \frac{z}{z_0} \quad (z > z_0) \quad (\text{Ecuación 19})$$

Donde:

u = Velocidad del viento (m/s)

u_i = Velocidad de fricción (m/s)

z = Altura del anemómetro sobre la superficie (m)

z_0 = rugosidad del terreno (m).

0,4 = constante de Karman (adimensional).

La metodología de erosión eólica considera cada día en que la velocidad del viento sobrepasa la velocidad de fricción.

3.5. Desagregación espacial y temporal de las emisiones atmosféricas

3.5.1. Desagregación espacial

Por medio de la información recopilada por los entes gubernamentales y mediante el programa ArcGIS se pudieron realizar las desagregaciones de las siguientes fuentes de área: quema de residuos agrícolas, estaciones de servicio, minas y canteras, vegetación y erosión eólica. Para la generación de todos los mapas se utilizó información base de Instituto Geográfico Militar (IGM) 2013, información temática ESRI BASE MAPS 2019 y las coordenadas en proyección

cartográfica UTM WGS 1984, estas coordenadas fueron insertadas en ArcGIS mediante el Excel para su respectivo análisis (Parrado, 2019, p.33-34).

3.5.2. *Desagregación temporal*

Para las fuentes de área a través de entrevistas se obtuvieron datos como el horario de operación y días trabajados; y por medio de entes gubernamentales se obtuvieron datos de su tasa de actividad. Por otro lado, el software Excel contribuyó con la aleatoriedad de los datos obtenidos de las emisiones de los contaminantes. Una vez obtenidos los datos en horas, días y meses se procedieron a graficar según la fuente de área (Parrado, 2019, p.34-50).

CAPÍTULO IV

4. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

En el presente acápite se detallan los resultados y respuestas provenientes de las encuestas aplicadas, donde se evidencian los niveles del conocimiento poblacional acerca de la contaminación atmosférica; las metodologías aplicadas y mapas de desagregación, de donde se obtuvo el inventario de emisiones diseñado para el cantón Puerto Francisco de Orellana por toneladas al año (ton/año) en el período anual 2020.

4.1. Interpretación de datos obtenidos por encuestas

A continuación, se detallan los resultados de las encuestas realizadas por parroquias del cantón Puerto Francisco de Orellana. Para la consideración de las mismas, se efectuó un cálculo por muestreo no probabilístico por cuotas, obteniendo así un total de 382 encuestas a efectuar, sin embargo, debido a la buena acogida e interés de la investigación por parte de los pobladores, se realizaron 392 encuestas, con lo cual se reduce el nivel de error en los resultados. Finalmente, las encuestas se realizaron de manera digital y física, con un porcentaje de 70 y 30, respectivamente.

Ahora bien, de acuerdo con los resultados de la aplicación de las encuestas realizadas en la población del cantón Puerto Francisco de Orellana, acerca de la calidad del aire en la localidad, se establece lo siguiente:

PREGUNTA 1. Establezca su edad:

Tabla 4-1: Edades de los encuestados del cantón Puerto Francisco de Orellana

DESCRIPCIÓN	FRECUENCIA	PORCENTAJE
18 A 28	132	34%
28 A 38	157	40%
38 A 48	80	20%
48 A 58	22	6%
MAYOR A 58	1	0%
TOTAL	392	100%

Realizado por: Castillo y Ocampo, 2023

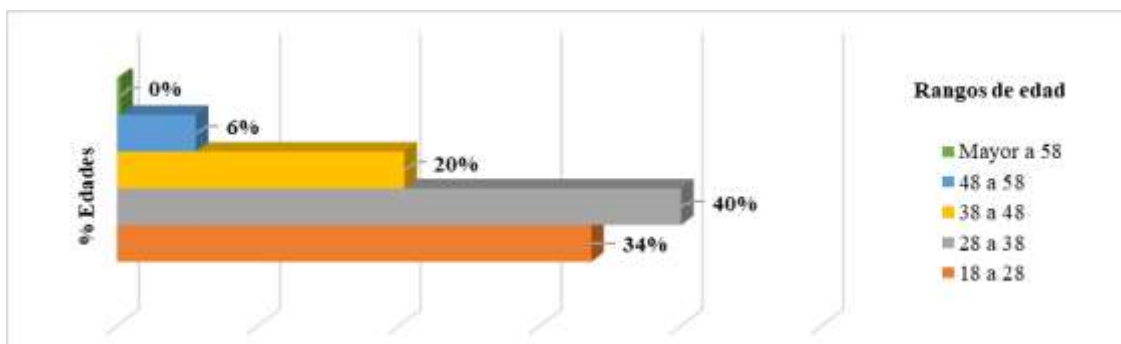


Ilustración 4-1: Edades de los encuestados del cantón Puerto Francisco de Orellana

Realizado por: Castillo y Ocampo, 2023

Análisis e interpretación: Con base en los resultados, se ha establecido que el 40% de los encuestados corresponde a edades entre los 28 a 38 años, un 34% a edades entre los 18 a 28 años, 20% a ciudadanos entre 38 a 48 años, y el 6% se encuentra en el rango de edad de 48 a 58 años.

PREGUNTA 2. Establezca su sexo:

Tabla 4-2: Sexo de los encuestados del cantón Puerto Francisco de Orellana

Descripción	Frecuencia	Porcentaje
Femenino	178	45%
Masculino	214	55%
TOTAL	392	100%

Realizado por: Castillo y Ocampo, 2023

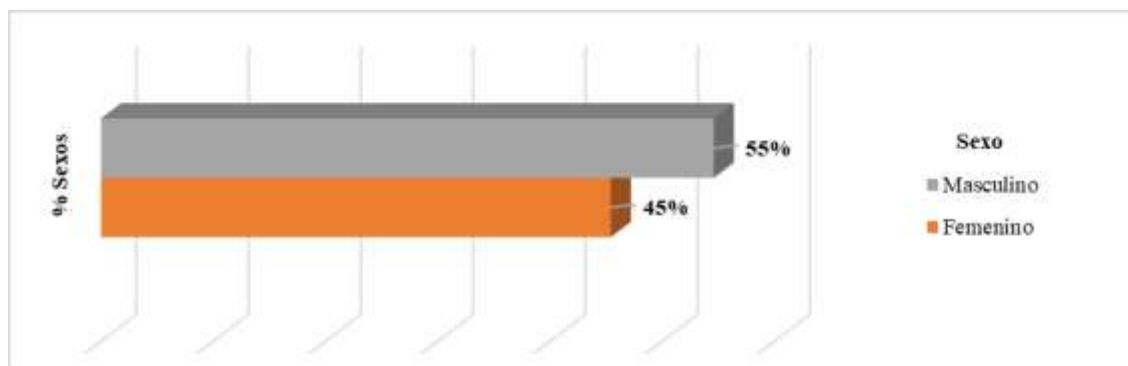


Ilustración 4-2: Sexo de los encuestados del cantón Puerto Francisco de Orellana

Realizado por: Castillo y Ocampo, 2023

Análisis e interpretación: De acuerdo con los resultados de las encuestas aplicadas, se establece que el 55% de los encuestados corresponde al género masculino, mientras que el 45% corresponde al género femenino.

PREGUNTA 3. Establezca a qué parroquia pertenece:

Tabla 4-3: Parroquias de los encuestados del cantón Puerto Francisco de Orellana

Descripción	Frecuencia	Porcentaje
Alejandro Labaka	8	2%
Dayuma	20	5%
El Dorado	17	4%
El Edén	10	3%
García Moreno	10	3%
Inés Arango	20	5%
La Belleza	28	7%
Nuevo Paraíso	19	5%
Puerto Francisco de Orellana	216	55%
San José de Guayusa	16	4%
San Luís de Armenia	13	3%
Taracoa	15	4%
TOTAL	392	100%

Realizado por: Castillo y Ocampo, 2023

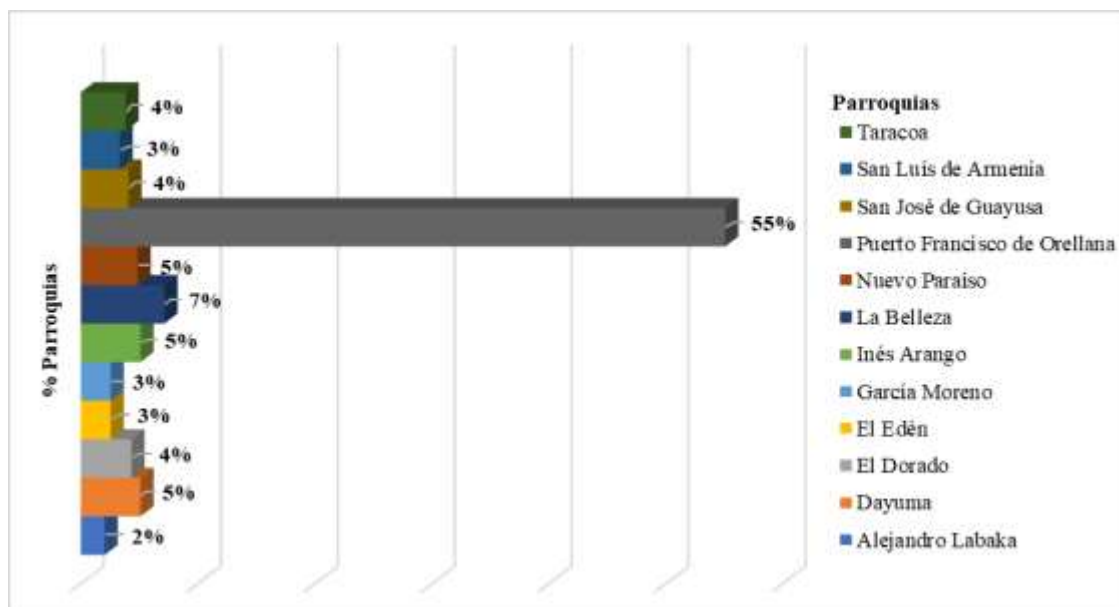


Ilustración 4-3: Parroquias de los encuestados del cantón Puerto Francisco de Orellana

Realizado por: Castillo y Ocampo, 2023

Análisis e interpretación: Conforme al cálculo de la muestra para cada sector, a través del muestreo no probabilístico por cuotas, la mayoría de las respuestas, con un 55%, proviene de la parroquia Puerto Francisco de Orellana, seguido del 7% correspondiente a la parroquia La Belleza, el 5% de encuestados corresponde a las parroquias de Inés Arango, Nuevo Paraíso y Dayuma. De igual manera, el 4% de encuestados pertenece a pobladores de diferentes parroquias: El Dorado y San José de Guayusa; seguido del 3% correspondiente a El Edén, García Moreno y San Luis de Armenia. Finalmente, el 2% de encuestados habita en la parroquia de Alejandro Labaka.

PREGUNTA 4. Según su criterio, ¿La calidad del aire del cantón Puerto Francisco de Orellana es?:

Tabla 4-4: Criterios de los encuestados sobre la calidad del aire del cantón Puerto Francisco de Orellana

Descripción	Frecuencia	Porcentaje
Muy buena	6	2%
Buena	78	20%
Regular	242	62%

Mala	65	17%
Muy mala	1	0%
TOTAL	392	100%

Realizado por: Castillo y Ocampo, 2023

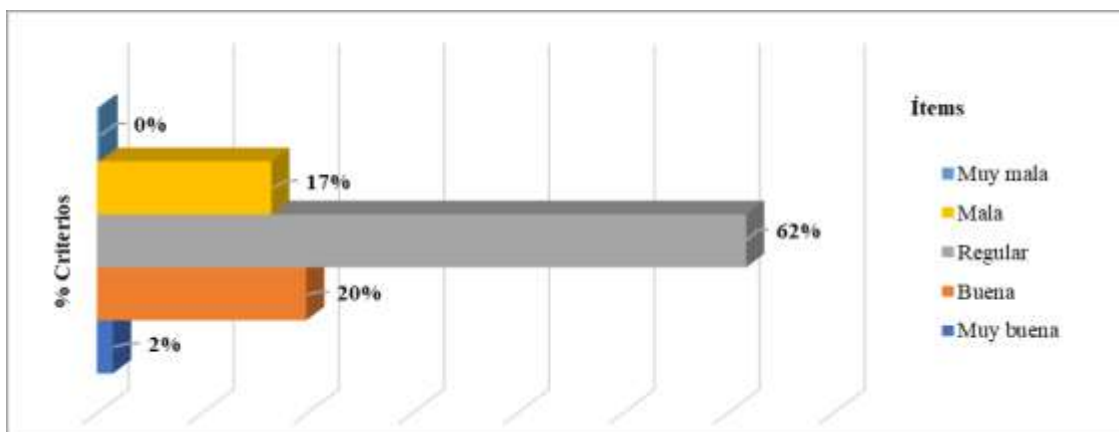


Ilustración 4-4: Criterios de los encuestados sobre la calidad del aire del cantón Puerto Francisco de Orellana

Realizado por: Castillo y Ocampo, 2023

Análisis e interpretación: De acuerdo con los resultados de las encuestas aplicadas, se evidencia que el 62% de los encuestados considera que la calidad del aire del cantón Puerto Francisco de Orellana es regular, lo cual resulta interesante, pues la mayoría de encuestados reconoce que, debido a las actividades industriales ejecutadas en el cantón, la calidad del aire de este no se encuentra en su mejor estado. Por otro lado, el 20% de encuestados indica que la calidad del aire del cantón es buena, el 17% manifiesta que el aire es malo, y tan solo el 2% considera que el aire es muy bueno.

PREGUNTA 5. ¿Con qué frecuencia usted se informa sobre la calidad del aire de su localidad?:

Tabla 4-5: Frecuencia de información sobre la calidad del aire de su localidad

Descripción	Frecuencia	Porcentaje
Siempre	1	0%
Casi siempre	6	2%
A veces	64	16%

Casi nada	224	57%
Nada	97	25%
TOTAL	392	100%

Realizado por: Castillo y Ocampo, 2023

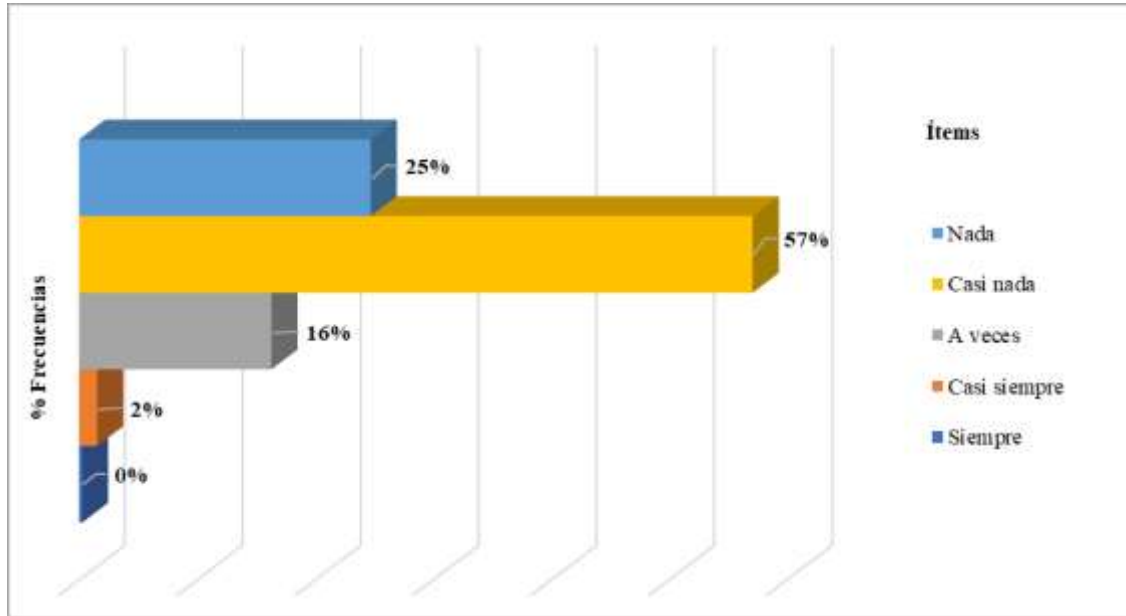


Ilustración 4-5: Frecuencia de información sobre la calidad del aire de su localidad

Realizado por: Castillo y Ocampo, 2023

Análisis e interpretación: Como resultado, el 57% de los encuestados no se informan casi nada sobre la calidad del aire de su localidad e indica que el principal motivo es la falta de estudios y monitoreos por parte de las autoridades competentes. Por otro lado, el 25% respondió que no se informan nada, el 16% respondió que a veces suelen informarse, y el 2% correspondiente al porcentaje más bajo, respondió que se informan casi siempre del estado atmosférico ambiental por medio de redes sociales.

PREGUNTA 6. ¿Bajo su criterio en qué nivel de contaminación atmosférica se encuentra el cantón Puerto Francisco de Orellana?:

Tabla 4-6: Criterio del nivel de contaminación atmosférica del cantón Puerto Francisco de Orellana

Descripción	Frecuencia	Porcentaje
-------------	------------	------------

Alto nivel de contaminación	44	11%
Mediano nivel de contaminación	316	81%
Bajo nivel de contaminación	32	8%
TOTAL	392	100%

Realizado por: Castillo y Ocampo, 2023

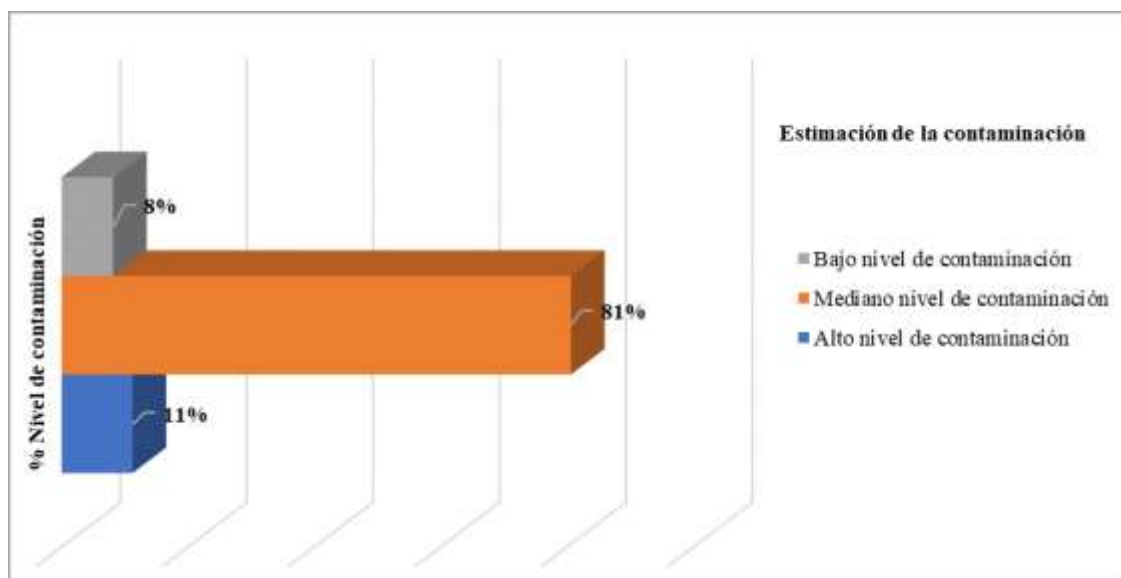


Ilustración 4-6: Criterio personal del nivel de contaminación atmosférica del cantón

Realizado por: Castillo y Ocampo, 2023

Análisis e interpretación: De acuerdo con las respuestas de los encuestados, se denota que el 81% consideró que el nivel de contaminación atmosférica del cantón Puerto Francisco de Orellana se encuentra en mediano nivel de contaminación, pues señalaron que, en el año 2020 se incrementó la actividad industrial, dejando como consecuencia la afectación en la calidad del aire en el cantón. Por otra parte, el 11% señaló que el nivel de contaminación atmosférica es alto, mientras que el 8% de encuestados, siendo este el porcentaje más bajo, consideró que el nivel de contaminación atmosférica es bajo.

PREGUNTA 7. ¿Qué tipo de contaminación atmosférica conoce?:

Tabla 4-7: Conocimiento de los contaminantes atmosféricos del cantón Puerto Francisco de Orellana

Descripción	Frecuencias	Porcentaje frecuencias	Porcentaje encuestados
-------------	-------------	------------------------	------------------------

Emisiones por el parque automotor (CO2, NO2, etc.)	255	65%	26%
Industrias (mecheros, chimeneas, etc.)	368	94%	38%
Actividades mineras (canteras, extracción de metales, etc.)	196	50%	20%
Rellenos sanitarios o botaderos de basura	147	38%	15%
TOTAL FRECUENCIAS	966	100%	100%
TOTAL ENCUESTADOS	392	100%	100%

Realizado por: Castillo y Ocampo, 2023

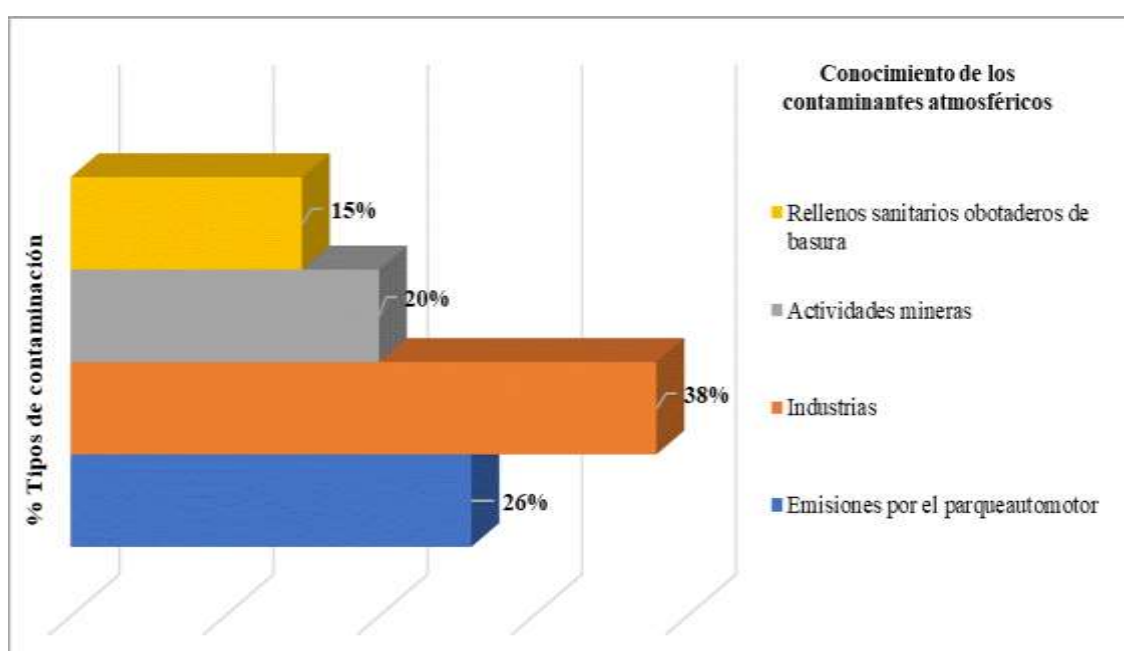


Ilustración 4-7: Conocimiento de los contaminantes atmosféricos del cantón Puerto Francisco de Orellana

Realizado por: Castillo y Ocampo, 2023

Análisis e interpretación: Para la tabulación de la presente, al aplicar selección de múltiples respuestas por el método de muestreo no probabilístico, se obtuvo que el 38% de los encuestados identificó que la mayor tasa de contaminación atmosférica se genera por las actividades industriales (mecheros, chimeneas, etc.).

El 26% de los encuestados dio como respuesta que se da por emisiones por el parque automotor (CO₂, NO₂, etc.). Por otro lado, el 20% indicó que la contaminación se genera por actividades mineras (canteras, extracción de metales, etc.), mientras que el 15% señaló que se da por los rellenos sanitarios o botaderos de basura.

PREGUNTA 8. Seleccione los tipos de contaminantes atmosféricos que usted conoce:

Tabla 4-8: Tipos de contaminantes atmosféricos del cantón Puerto Francisco de Orellana

Descripción	Frecuencias	Porcentaje frecuencias	Porcentaje encuestados
PM10, PM2.5	270	69%	41%
NO _x , SO _x , CO	256	65%	39%
COV, O ₃	99	25%	15%
Ninguno	35	9%	5%
TOTAL FRECUENCIAS	660	100%	100%
TOTAL ENCUESTADOS	392	100%	100%

Realizado por: Castillo y Ocampo, 2023

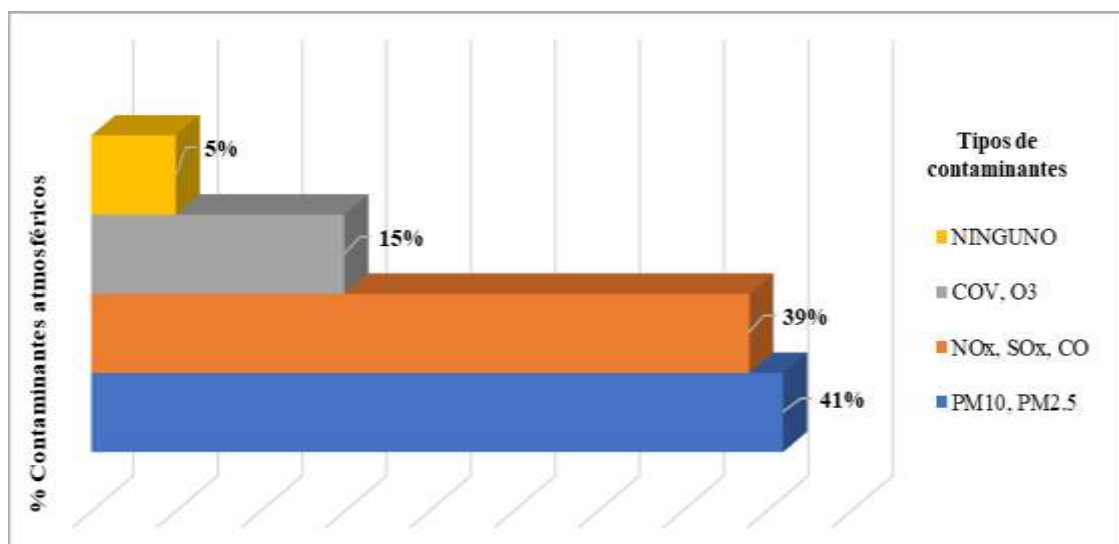


Ilustración 4-8: Tipos de contaminantes atmosféricos del cantón Puerto Francisco de Orellana

Realizado por: Castillo y Ocampo, 2023

Análisis e interpretación: Para la determinación de los resultados por selección de múltiple, se aplicó el método de muestreo no probabilístico, donde se denota que el 41% de los encuestados señaló que los tipos de contaminantes más conocidos son el material particulado PM_{10} (partículas menores a 10 micrómetros) $PM_{2,5}$ (partículas menores a 2.5 micrómetros). El 39% indicó que los contaminantes con mayor presencia en el cantón son los NO_x (óxidos de nitrógeno), SO_x (óxidos de azufre) y CO (monóxido de carbono). Por otro lado, el 15% consideró que los contaminantes atmosféricos más conocidos son los COV (compuestos orgánicos volátiles) y O_3 (ozono). En tanto

que, el 5% de encuestados, siendo este el porcentaje más bajo, indicó que no reconocía ningún tipo de contaminante atmosférico.

PREGUNTA 9. Las fuentes de áreas son todas aquellas actividades que en conjunto afectan la calidad del aire. ¿Qué actividades que se realicen en el cantón Puerto Francisco de Orellana considera que pueden ser este tipo de fuente?:

Tabla 4-9: Tipos de actividades consideradas como fuentes de áreas en el cantón Puerto Francisco de Orellana

Descripción	Frecuencias	Porcentaje frecuencias	Porcentaje encuestados
Actividades mineras	174	44%	15%
Uso de GLP (Gas Licuado de Petróleo)	316	81%	28%
Estaciones de servicio (Gasolineras)	235	60%	21%
Vegetación (Emisiones de COV'S)	96	24%	8%
Quema de residuos	280	71%	25%
Incendios forestales	15	4%	1%
Erosión eólica	15	4%	1%
TOTAL FRECUENCIAS	1131	100%	100%
TOTAL ENCUESTADOS	392	100%	100%

Realizado por: Castillo y Ocampo, 2023

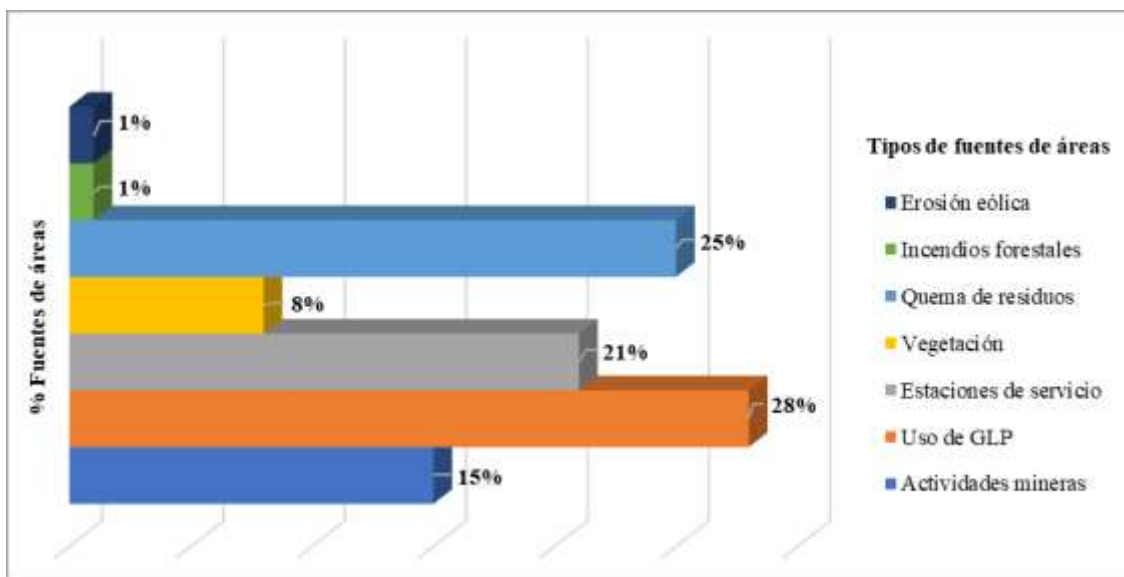


Ilustración 4-9: Tipos de actividades consideradas como fuentes de áreas en el cantón Puerto Francisco de Orellana

Realizado por: Castillo y Ocampo, 2023

Análisis e interpretación: De acuerdo con los resultados por selección de múltiples respuestas, se obtuvo que el 28% de los encuestados indicó que las actividades más reconocidas como fuentes de áreas son el uso de gas licuado de petróleo (GLP), seguido del 25% que señaló a las quemas de residuos.

Por otro lado, el 21% estableció que las actividades más consideradas son las estaciones de servicio (gasolineras), el 15% de los encuestados señaló a las actividades mineras como fuentes de áreas que afectan la calidad del aire, a diferencia del 1% que indicó como tasas más bajas a los incendios forestales y erosión eólica, además explicaron que la razón principal se debe a que en la localidad no se originan estos eventos y que, de igual manera, estos fenómenos no son de su conocimiento.

PREGUNTA 10. Un inventario de emisiones atmosféricas permite conocer la cantidad de fuentes afectadas, los contaminantes que emiten y la cantidad de contaminantes emitidos. ¿Considera que el cantón debe desarrollar su inventario de emisiones?:

Tabla 4-10: Consideración para el desarrollo del inventario de emisiones atmosféricas del cantón Puerto Francisco de Orellana

Descripción	Frecuencia	Porcentaje
Si	391	99,74%

No	1	0,26%
TOTAL	392	100%

Realizado por: Castillo y Ocampo, 2023

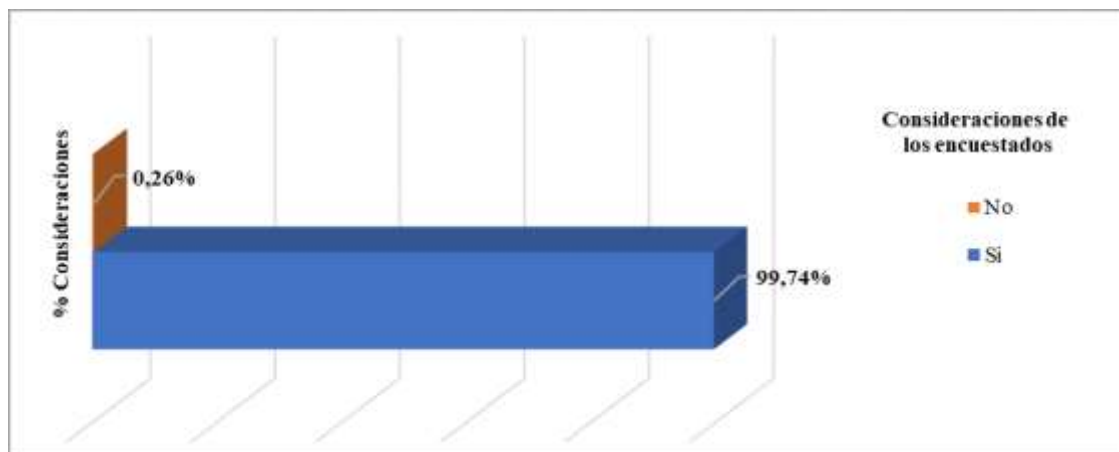


Ilustración 4-10: Consideración para el desarrollo del inventario de emisiones atmosféricas del cantón Puerto Francisco de Orellana

Realizado por: Castillo y Ocampo, 2023

Análisis e interpretación: Como resultado, el 100% de los encuestados consideró que es de vital importancia el desarrollo de los inventarios de emisiones atmosféricas y que se deben realizar en el cantón anualmente.

PREGUNTA 11. ¿Conoce si en el cantón existen inventarios de emisiones atmosféricas anuales?:

Tabla 4-11: Conocimiento de existencias de inventarios de emisiones atmosféricas anuales en el cantón

Descripción	Frecuencia	Porcentaje
Si	29	7%
No	363	93%
TOTAL	392	100%

Realizado por: Castillo y Ocampo, 2023

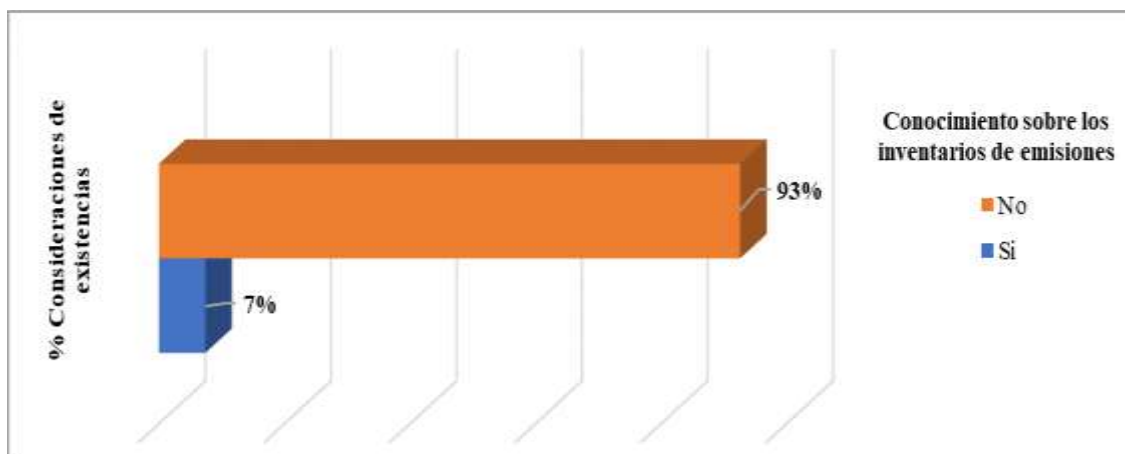


Ilustración 4-11: Conocimiento de existencias de inventarios de emisiones atmosféricas anuales en el cantón

Realizado por: Castillo y Ocampo, 2023

Análisis e interpretación: Del total de los encuestados, el 93% desconoce la existencia de un inventario de emisiones atmosféricas anuales en el cantón, mientras que el 7% conoce o ha evidenciado la existencia de los mismos y señalaron que esta información está disponible en los Gobiernos Autónomos Descentralizados (GAD) o ministerios de la parroquia de Puerto Francisco de Orellana.

4.2. Cálculo de emisiones atmosféricas de fuentes de área

4.2.1. Cálculo de emisiones por quema de residuos agrícolas

Para determinar las emisiones de los respectivos contaminantes generados por quema de residuos agrícolas como se indicó antes se utilizó la ecuación 2. Dando así los siguientes resultados:

Ejemplo de cálculo:

$$E_{CO} = AR_{Quema} \times FE_{CO}$$

$$E_{CO} = 138,34 \frac{\text{ton}}{\text{año}} \times \left(62,88 \frac{\text{kg}}{\text{Mg}} \times \frac{1 \text{ Mg}}{1000 \text{ kg}} \right) = 8,70 \frac{\text{ton CO}}{\text{año}}$$

De acuerdo con el ejemplo del cálculo anterior se obtuvieron las emisiones anuales por quemas de residuos agrícolas a nivel cantonal, como se evidencian en la siguiente tabla:

Tabla 4-12: Total de las emisiones anuales por quema de residuos agrícolas en el cantón Puerto Francisco de Orellana

Fincas	Tasa de quema de residuos agrícolas (Ton/año)	Emisión por CO (Ton/año)	Emisión por NO _x (Ton/año)	Emisión por SO _x (Ton/año)	Emisión por PM ₁₀ (Ton/año)	Emisión por PM _{2.5} (Ton/año)
Nivel cantonal	138,34	8,70	0,69	0,3	0,68	0,64

Fuente: MAGAP, 2020

Realizado por: Castillo y Ocampo, 2023

Los datos obtenidos se expresan de manera ilustrativa para un mejor análisis, como se indica a continuación:

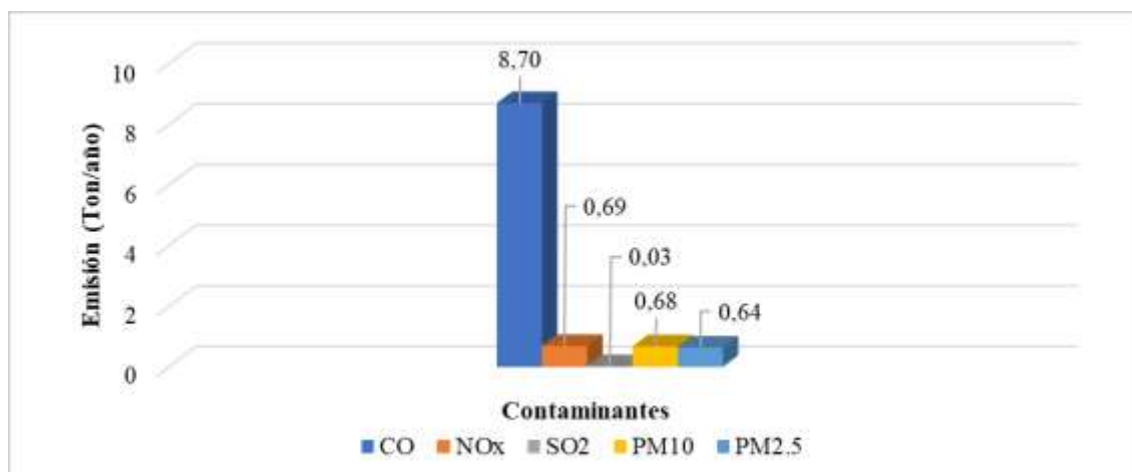


Ilustración 4-12: Emisiones por quema de residuos agrícolas según el tipo de contaminante

Realizado por: Castillo y Ocampo, 2023

Conforme a la ilustración anterior, se observa que, en el año 2020, las emisiones por quema de residuos agrícolas señalan que el CO produce un valor de emisión de 8,70 toneladas por año, superior a los otros tipos de contaminantes, esto se debe a que las partículas más pequeñas se queman fácilmente en áreas de superficie más extensas y requieren mayor interacción con el oxígeno. Por otro lado, el NO_x registra emisiones en baja cantidad con 0,69 toneladas anuales. Con respecto a las emisiones de material particulado, es posible observar que en el caso de los PM₁₀ se registra un total de 0,68 ton por año y para los PM_{2.5} se reportan 0,64 ton por año. Finalmente, tal como se detalla en la tabla 4-12 la tasa de emisión más baja corresponde al SO₂ con una emisión de 0,03 toneladas anuales por la cantidad de materia seca quemada.

4.2.2. Cálculo de emisiones por uso de GLP

A través de la metodología redactada se usó la ecuación 3 para los cálculos para las emisiones del gas licuado de petróleo, determinando así la emisión anual de cada contaminante.

Ejemplo de cálculo:

$$E_{\text{industrial}} = FE_j \times \frac{\text{ConGLP}}{1000000}$$

$$E_{\text{CO industrial}} = 0,75 \frac{\text{g}}{\text{kg}} \times \frac{29184 \frac{\text{kg}}{\text{año}}}{1000000} = 0,022 \frac{\text{ton CO}}{\text{año}}$$

$$E_{\text{CO doméstico}} = 0,51 \frac{\text{g}}{\text{kg}} \times \frac{7278285 \frac{\text{kg}}{\text{año}}}{1000000} = 5,459 \frac{\text{ton CO}}{\text{año}}$$

Los resultados del cálculo de emisiones por uso de GLP de acuerdo con su uso industrial o doméstico se evidencian en la siguiente tabla:

Tabla 4-13: Total de las emisiones anuales por uso de GLP en el cantón Puerto Francisco de Orellana

Uso	Gasto de GLP (kg/año)	Emisión por CO (ton/año)	Emisión por NOx (ton/año)	Emisión por PM ₁₀ (ton/año)	Emisión por PM _{2.5} (ton/año)
Industrial	29184	0,022	0,130	0,007	0,007
Doméstico	7278285	5,459	32,388	1,820	1,820
Total	7307469	5,481	32,518	1,827	1,827

Fuente: ARCERNR, 2020

Realizado por: Castillo y Ocampo, 2023

A continuación, los datos obtenidos se expresan de manera ilustrativa para una mejor comprensión:

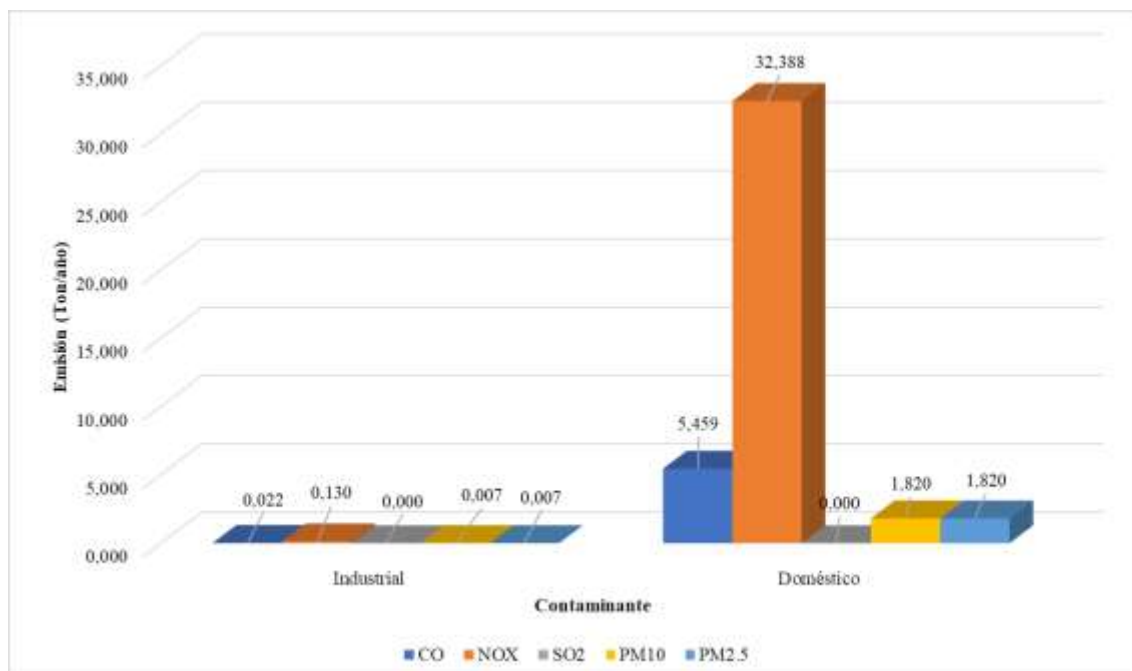


Ilustración 4-13: Emisiones por uso de GLP según el tipo de contaminante

Realizado por: Castillo y Ocampo, 2023

Como se evidencia en la ilustración anterior, en el año 2020, el uso de GLP de forma doméstica causa más emisiones que el uso de manera industrial, esto se debe al que el consumo del gas licuado de petróleo es consumido en las viviendas del cantón para la cocción de sus alimentos. De igual modo, en la tabla 4-13 se muestra un gasto de GLP por uso industrial de 29184 kg por año, mientras que por uso doméstico es de 7278285 kg por año. De esta forma se indica que el contaminante que más se emite es el NO_x emitiendo 32,388 toneladas por año por su uso doméstico y 0,130 toneladas por año por su uso industrial. Las emisiones generadas por CO por el uso doméstico fueron de 5,481 toneladas por año y 0,022 toneladas por año por uso industrial. Por otro lado, el material particulado tanto para PM₁₀ y PM_{2.5} al tener el mismo factor de emisión según su uso estos dieron una emisión por uso industrial igual a 0,007 toneladas por año y uso doméstico 1,820 toneladas por año.

4.2.3. *Cálculo de emisiones de las estaciones de servicio*

Por medio de la ecuación 4 descrita en la metodología se pudo determinar las emisiones anuales generadas por las estaciones de servicio.

Ejemplo de cálculo:

$$E_{\text{Gasolina Super}} = \frac{3.78 \times V_{\text{en Payamino}} \times FE_{\text{Gasolina Super}}}{1000000000}$$

$$E_{\text{Gasolina Super}} = \frac{3.78 \times 26000 \frac{\text{Gal}}{\text{año}} \times 5299 \frac{\text{mg}}{\text{L}}}{1000000000} = 0,521 \frac{\text{ton COV}}{\text{año}}$$

Siguiendo el ejemplo del cálculo anterior se obtuvo los resultados de las emisiones anuales de COV de cada estación de servicio del cantón, como se evidencian en la siguiente tabla:

Tabla 4-14: Total de las emisiones anuales de las estaciones de servicio en el cantón Puerto Francisco de Orellana

Estación de Servicio	Combustible (Gal/año)			Emisión Anual (ton/año)		
	Diesel 2	Gasolina Extra	Gasolina Super	Diesel 2	Gasolina Extra	Gasolina Super
Payamino	1310000	1014000	26000	26,240	20,311	0,521
Tierra Colorada	593000	539800	0	11,878	10,812	0,000
Rio Coca	2183000	1374000	48000	43,726	27,522	0,961
Amazonas	1090500	2076500	42000	21,843	41,593	0,841
Total	5176500	5004300	116000	103,686	100,237	2,324

Fuente: ARCERNR, 2020

Realizado por: Castillo y Ocampo, 2023

Para su mejor comprensión los datos expuestos en la anterior tabla se expresan en la siguiente ilustración:

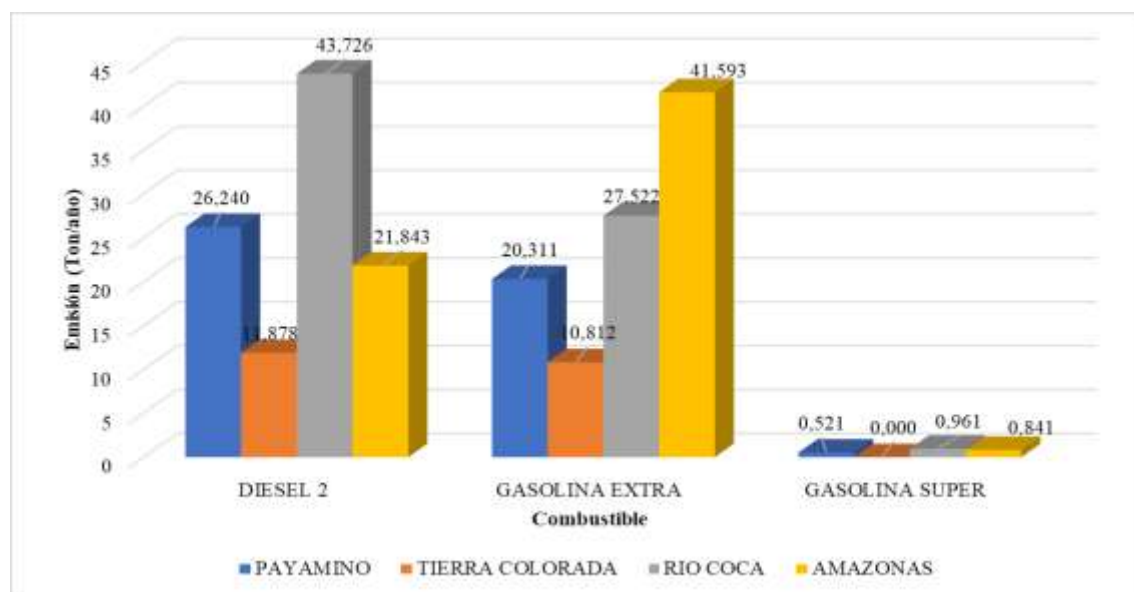


Ilustración 4-14: Emisiones de COV producidas por las estaciones de servicio según su tipo de contaminante

Realizado por: Castillo y Ocampo, 2023

En la anterior ilustración podemos evidenciar que, en el año 2020, la gasolinera Rio Coca es la que más emisiones de COV genera por el combustible Diesel 2 con 43,726 toneladas por año y Gasolina Super con 0,961 toneladas por año en comparación a las demás, mientras que la gasolinera Amazonas es la que más emite por Gasolina Extra. Además, se evidencia que la gasolinera que menos emisión tiene en comparación a las otras es Tierra Colorada, esto se debe a que sus ventas en combustible son menores a las demás estaciones de servicio.

En la tabla 4-14 muestra que el combustible con mayor uso es de tipo Diesel 2 el cual generó ventas de 5176500 galones en el año 2020, produciendo así una emisión anual de 103,686 toneladas por año. Por otro lado, la Gasolina Extra tuvo una venta de 5004300 galones por año, considerando así una emisión de 100,237 toneladas por año, mientras que la Gasolina Super una venta de 116000 galones por año con su emisión anual de 2,324 toneladas por año.

4.2.4. Cálculo de emisiones por actividades mineras

Como se indicó anteriormente, mediante la ecuación 5 se logró calcular las emisiones de los contaminantes atmosféricos producidas por las actividades mineras del cantón.

Ejemplo de cálculo:

$$E_{TPS} = AR_{\text{Extracción Sect. Privado}} \times FE_{TPS}$$

$$E_{TPS} = 3270400000 \frac{kg}{año} \times 102 \frac{g}{Mg} \left| \frac{1 ton}{1000000 g} \right| \left| \frac{1 Mg}{1000 kg} \right| = 333,58 \frac{ton}{año}$$

Con el ejemplo de cálculo anterior se procedió a obtener los resultados de las emisiones anuales de PM_{2.5} y PM₁₀ de la tasa de extracción de la fuente, como se detalla a continuación:

Tabla 4-15: Total de las emisiones anuales de por las actividades de minas y canteras del cantón Puerto Francisco de Orellana

Sector	Tasa de extracción (m ³ /año)	Emisión del contaminante (ton/año)		
		Contaminante		
		TPS	PM ₁₀	PM _{2.5}
Privado	3270400000	333,58	163,52	16,35
Público	292000000	29,78	14,60	1,46
Total	3562400000	363,36	178,12	17,81

Fuente: PDOT, 2020

Realizado por: Castillo y Ocampo, 2023

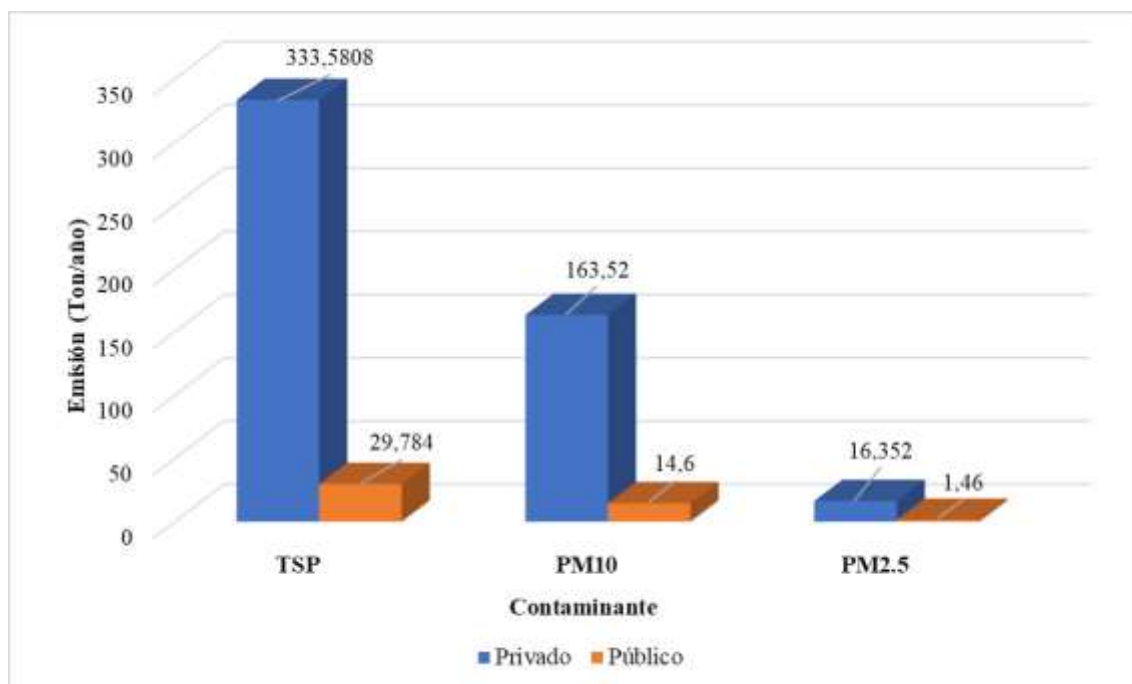


Ilustración 4-15: Emisiones producidas por las actividades de minas y canteras según su tipo de contaminante

Realizado por: Castillo y Ocampo, 2023

Como se demuestra en la ilustración anterior, el contaminante TPS tiene una emisión mayor a la atmósfera que los otros contaminantes, por ello se conoce que el sector privado emite 333, 58 toneladas al año y el público 29,78 ton al año de TPS. Por otro lado, la emisión por PM₁₀ para el sector privado es de 163,52 ton al año, mientras que el público es de 14,60 ton al año. Finalmente, el PM_{2.5} fue la emisión más baja produciendo 16,35 ton al año por parte del sector privado, y 1,46 ton al año del sector público. El factor de emisión es el que varió las emisiones de cada contaminante, ya que para el TSP es un valor alto y para el PM_{2.5} es bajo. De igual forma, la tabla 4-15 evidencia los resultados obtenidos en la ilustración.

4.2.5. *Cálculo de emisiones por la vegetación*

Para la obtención de emisiones por fuentes biogénicas del cantón, se realizó en función de las 3 categorías: (1) isopreno, (2) monoterpenos y (3) otros compuestos orgánicos volátiles (OCOV), para ello se empleó la ecuación 6 como se indicó anteriormente, obteniendo los siguientes resultados:

Ejemplo de cálculo:

$$E_{\text{iso}}(\text{k, horario}) = FE_j^{\text{iso}} \times FCA(\text{T,PAR}) \times DBF_j \times A$$

$$E_{\text{iso(Bosque natural)}}(\text{horario}) = (6,5) \times 1 \frac{\mu\text{g}}{\text{g}\cdot\text{h}} \times 485 \frac{\text{g}}{\text{m}^2} \times 16 \text{ km}^2$$

$$E_{\text{iso(Bosque natural)}}(\text{horario}) = 50440 \text{ (g/hora)}$$

$$E_{\text{iso(Bosque natural)}}(\text{diario}) = (24) \times 50440 \text{ (g/hora)} = 1210560 \frac{\text{g}}{\text{día}}$$

$$E_{\text{iso(Bosque natural)}}(\text{mensual}) = (30) \times 1210560 \text{ (g/día)} = 36316800 \frac{\text{g}}{\text{mes}}$$

$$E_{\text{iso(Bosque natural)}}(\text{anual}) = (12) \times 36316800 \text{ (g/mes)} = 435801600 \frac{\text{g}}{\text{año}}$$

$$E_{\text{iso(Bosque natural)}}(\text{anual}) = 435,802 \frac{\text{ton}}{\text{año}}$$

Realizados los cálculos de acuerdo con las ecuaciones descritas en la metodología anterior, para cada tipo de emisión en sus 3 categorías; (1) isopreno, (2) monoterpenos y (3) otros compuestos orgánicos volátiles (OCOV), correspondiente a cada especie vegetal de la zona, se obtuvieron las siguientes emisiones biogénicas detalladas en las tablas 4-16, 4-17 y 4-18 a continuación:

Tabla 4- 16: Total de emisiones anuales por fuentes biogénicas del cantón Puerto Francisco de Orellana, Isoprenos

ISOPRENOS

N°	ESPECIE VEGETAL	CATEGORÍA				
		Eiso (horario) (g/hora)	Eiso (diario) (g/día)	Eiso (mensual) (g/mes)	Eiso (anual) (g/año)	Eiso (anual) (ton/año)
1	BOSQUE NATURAL	50440	1210560	36316800	435801600	435,802
2	PALMA AFRICANA	691600,00	16598400	497952000	5975424000	5975,424
3	PASTO NATURAL	254,4	6105,6	183168	2198016	2,198
4	PASTO CULTIVADO	0	0	0	0	0
5	HUMEDAL	-	-	-	-	-
6	BOSQUE INTERVENIDO	0	0	0	0	0
TOTAL		742294,4	17815065,60	534451968	6413423616	6413,424

Realizado por: Castillo y Ocampo, 2023

Tabla 4-17: Total de emisiones anuales por fuentes biogénicas del cantón Puerto Francisco de Orellana, Monoterpenos

MONOTERPENOS

N°	ESPECIE VEGETAL	CATEGORÍA				
		Eiso (horario) (g/hora)	Eiso (diario) (g/día)	Eiso (mensual) (g/mes)	Eiso (anual) (g/año)	Eiso (anual) (ton/año)
1	BOSQUE NATURAL	4364,224	104741,376	3142241	37706895,36	37,71
2	PALMA AFRICANA	0	0	0	0	0
3	PASTO NATURAL	282,384	6777,216	203316,48	2439797,76	2,44
4	PASTO CULTIVADO	0	0	0	0	0
5	HUMEDAL	-	-	-	-	-
6	BOSQUE INTERVENIDO	0	0	0	0	0
TOTAL		4646,608	111518,59	3345558	40146693,12	40,15

Realizado por: Castillo y Ocampo, 2023

Tabla 4-18: Total de emisiones anuales por fuentes biogénicas del cantón Puerto Francisco de Orellana, Otros Compuestos Orgánicos Volátiles (OCOV)

OTROS COMPUESTOS ORGÁNICOS VOLÁTILES (OCVOS)

N°	ESPECIE VEGETAL	CATEGORÍA				
		Eiso (horario) (g/hora)	Eiso (diario) (g/día)	Eiso (mensual) (g/mes)	Eiso (anual) (g/año)	Eiso (anual) (ton/año)
1	BOSQUE NATURAL	0	0	0	0	0
2	PALMA AFRICANA	2220	53280	1598400	19180800	19,18
3	PASTO NATURAL	188,26	4518,14	135544,32	1626531,84	1,63
4	PASTO CULTIVADO	1411,92	33886,08	1016582,4	12198999,8	12,20
5	HUMEDAL	-	-	-	-	-
6	BOSQUE INTERVENIDO	1776	42624	1278720	15344640	15,34
TOTAL		5596,18	134308,22	4029247	48350960,64	48,35

Realizado por: Castillo y Ocampo, 2023

A continuación, indica de manera ilustrativa la tasa de emisión de las 3 categorías de acuerdo a las especies vegetales del cantón:

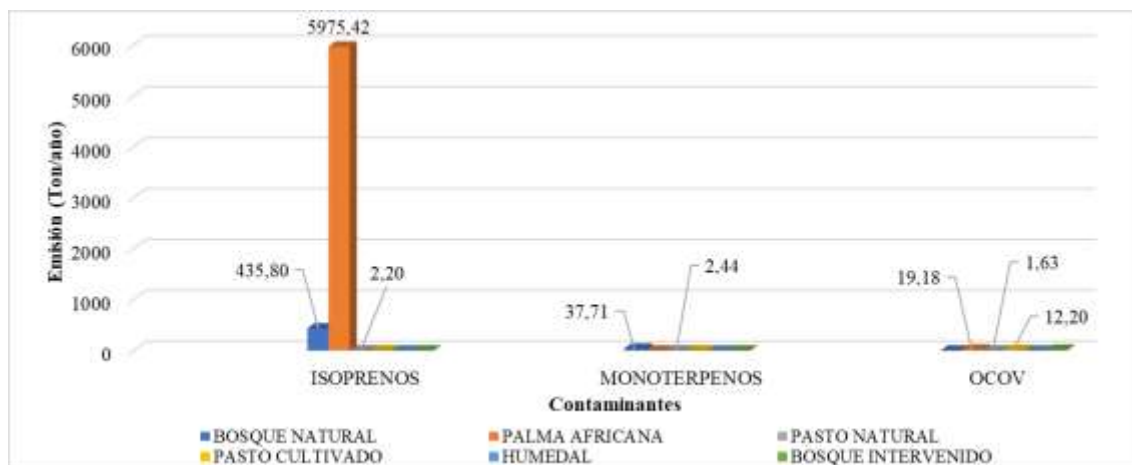


Ilustración 4-16: Emisiones anuales por fuentes biogénicas del cantón Puerto Francisco de Orellana (ISOPRENOS-MONOTERPENOS-OCOV)

Realizado por: Castillo y Ocampo, 2023

De acuerdo con las tasas expresadas en la ilustración anterior, es posible considerar que la emisión de Isoprenos anuales de la especie de Cultivo de Palma es la más elevada, dando como reporte un total de 5975,42 kton/año, seguida de las emisiones de Bosque Natural con un total de 435,80 ton/año. Además, es posible apreciar que con una tasa baja se reportó al Pasto Natural con un total de 2,20 ton/año. En el caso de las emisiones de Pasto Cultivado y Bosque Intervenido dieron un total de 0 ton/año para su registro.

Para el caso de Monoterpenos, se observó que la emisión superior correspondió al Bosque Natural con un total de 37,71 ton/año, mientras que en la especie de Pasto Natural se registró un total de 2,44 ton/año. En la tasa de Pasto Natural, se registró un total de emisión de 1,63 toneladas anuales en el período 2020. En cuanto a las emisiones de Palma Africana, Pasto Cultivado y Bosque Intervenido se obtuvo un total de 0 ton/año para su registro.

Finalmente, para la tercera categoría que corresponde a Otros Compuestos Orgánicos Volátiles (OCOV) se registró una emisión superior por la especie de Palma Africana con un total de 19,18 ton/año, mientras que para Bosque Intervenido se reportó 15,34 ton/año. Así mismo, como tasa intermedia se reportó la especie de Pasto Cultivado con un total de 12,20 ton/año. La tasa de bosque natural dio un total de 0 ton/año para su registro.

NOTA: Es preciso mencionar, que aquellas tasas no mencionadas, se dieron en casos de No Identificadas (NI) como fue el caso de la especie vegetal HUMEDALES, tal como expone la metodología de Guenther 1993, va de acuerdo con su factor de emisión.

4.2.6. Cálculo de emisiones por erosión eólica

Mediante la ecuación 16 descrita en la metodología se obtuvieron las emisiones por erosión eólica correspondientes al 2020 del cantón, como se indica a continuación:

Ejemplo de cálculo:

$$E_{PM_{10}} = \frac{k \times N \times 9,813 \times A \times P}{2000}$$

$$E_{PM_{10}} = \frac{(0,5)(1 \text{ año})(9,813)(3236970 \text{ m}^2) (9,328 \frac{\text{g}}{\text{m}^2} \left| \frac{1 \text{ ton}}{1000000 \text{ g}} \right|)}{2000} = 0,07 \frac{\text{ton}}{\text{año}}$$

A través del cálculo anterior se registraron las emisiones por cada factor de emisión establecido, dando como resultado las tasas que se registran en la siguiente tabla:

Tabla 4-19: Total de las emisiones anuales de por erosión eólica del cantón Puerto Francisco de Orellana

CONTAMINANTE	A (m ²)	k	N	P (g/m ²)	Ef (g/m ²)	Emisión (ton/año)
TSP (30 micras)	3236970	1	1 año (365 días)	9,328	148141,87	0,15
TSP (15 micras)		0,6			88885,12	0,09
PM10		0,5			74070,94	0,07
PM2.5		0,075			11110,64	0,01
TOTAL					9,328	322208,57

Realizado por: Castillo y Ocampo, 2023

Para un mejor análisis de los resultados de la tabla anterior, las tasas de emisión por erosión se interpretaron de manera ilustrativa, como se indica a continuación:

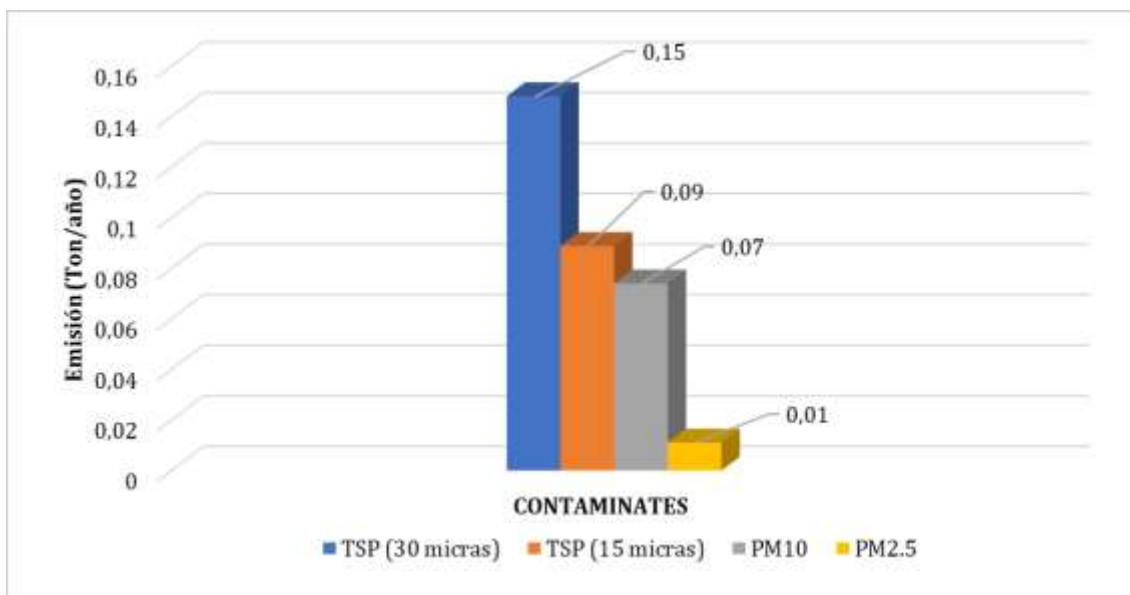


Ilustración 4-17: Emisiones anuales de por erosión eólica del cantón Puerto Francisco de Orellana

Realizado por: Castillo y Ocampo, 2023

Como se detalla en la ilustración, es posible considerar que la tasa de TSP (30 micras) reportó 0,15 Ton en el año 2020, debido a que este tipo de contaminante por su tamaño aerodinámico se encuentra más disperso en el medio, de la misma manera, como resultado de los TSP (15 micras) reportaron un total de 0,09 Ton/año. Por otro lado, en los resultados de material particulado, la tasa correspondiente a PM₁₀ generó un total de 0,07 Ton/año, mientras que los PM_{2.5} emitieron un total de 0,01 Ton/año, cada uno de los datos se pueden verificar a detalle en la Tabla 4-19.

4.3. DESAGREGACIONES

4.3.1. *Desagregación Espacial*

Las desagregaciones espaciales correspondientes a las fuentes de área fueron realizadas para el cantón Puerto Francisco de Orellana como año base 2020, de las cuales se detallan las siguientes fuentes: quema de residuos agrícolas, estaciones de servicio, minas y canteras, vegetación y erosión eólica. Cada tipo de fuente de área fue realizada con su información específica, en caso de los GLP al estar abundantes y dispersas en todo el cantón fueron descartados para desagregación.

4.3.1.1. Desagregación Espacial de Quema de residuos agrícolas

Para la quema de residuos se utilizaron los datos obtenidos de las fincas agrícolas reportadas en el Plan de Manejo Integral de Fincas 2019-2020 proporcionado por el MAGAP, como se indica en el siguiente mapa:

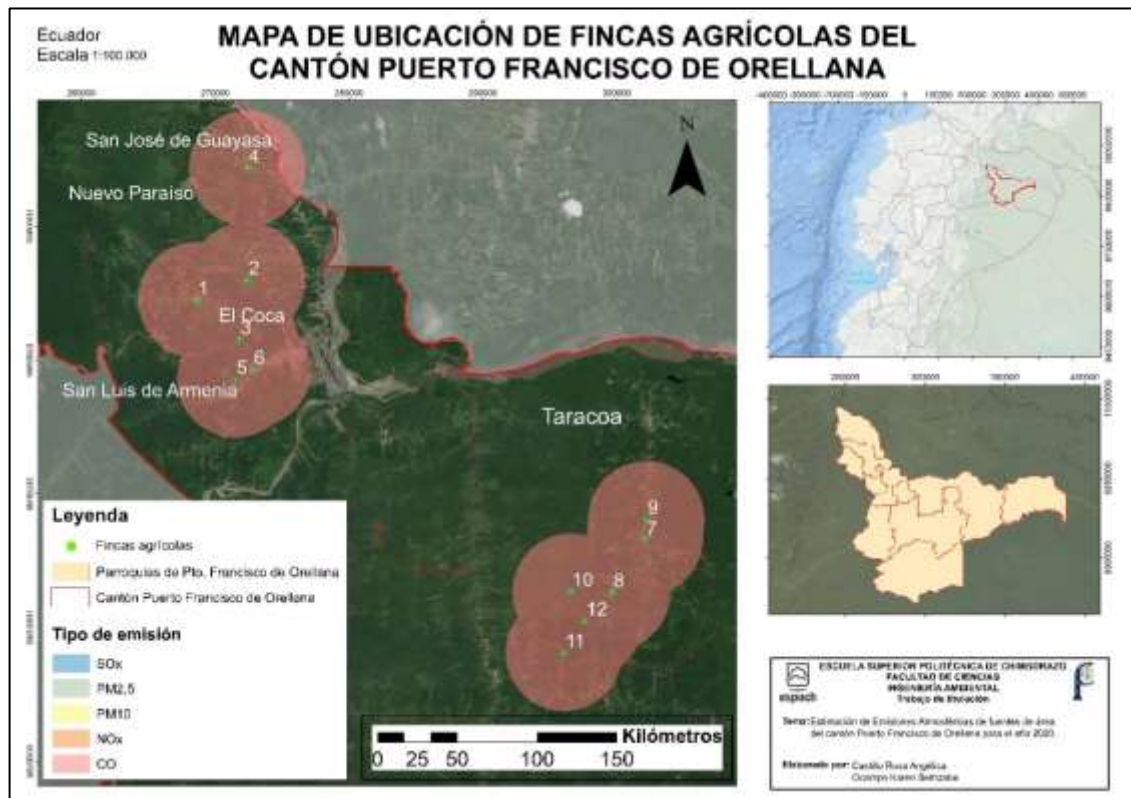


Ilustración 4-18: Mapa de ubicación de las fincas agrícolas del cantón Puerto Francisco de Orellana

Fuente: Instituto Geográfico Militar (IGM), 2013

Realizado por: Castillo y Ocampo, 2023.

Como se indica en la serie espacial por quemadas agrícolas, se puede observar que a nivel cantonal las zonas donde existe mayor actividad se encuentran en la parroquia de Taraoa, con un total de 8 fincas registradas que realizaron quemadas de cultivos agrícolas en el año 2020. A nivel general en el cantón, el total de emisiones fue de 10,73 (Ton/año), la tasa de emisión más alta registrada en este año fue por CO con un total de 8,70 (Ton/año), se conoce que la exposición a este tipo de contaminante afecta nocivamente al ambiente y a la salud de los habitantes. Sin embargo, por aspectos y condiciones climáticas propias de la región amazónica la dispersión no ha evidenciado efectos dañinos en la población, pese a ello, no se debe considerar una tasa de emisión aceptable ya que sigue siendo un GEI que afecta al medio e incrementa los efectos del cambio climático.

4.3.1.2. Desagregación Espacial de Estaciones de servicio

Para la desagregación espacial de esta fuente se obtuvieron varias coordenadas de las estaciones de servicios del cantón, proporcionadas por Google Earth y se tomó en cuenta el tipo de contaminante que se emite.



Ilustración 4-19: Mapa de ubicación de las estaciones de servicio del cantón Puerto Francisco de Orellana

Fuente: Instituto Geográfico Militar (IGM), 2013

Realizado por: Castillo y Ocampo, 2023.

De acuerdo con los resultados expresados en la ilustración 4-19 de la serie espacial por estaciones de servicio del cantón Puerto Francisco de Orellana, es posible considerar que de cuatro estaciones de servicio que cuenta el cantón se emitió 206,25 toneladas al año de COV emitidas indirectamente a la atmósfera (Camacho y Guzman, 2009; citados en Parrado, 2019, p.49), contribuyendo así en un porcentaje al ozono troposférico y riesgos socioambientales. Al encontrarse estas 4 estaciones de servicio en la cabecera cantonal, esta vendría siendo el área de influencia directa que impactaría a la población del Coca, lo cual se debe sugerir a entes gubernamentales del cantón, monitoreos continuos y a su vez las empresas que ofrecen este servicio deben adquirir tecnología de punta para evitar la menor emisión por los COV que se generan en las estaciones de servicio. Para las poblaciones aledañas la emisión de esta fuente no afectaría de manera

significativa, debido a que se encuentran en el área de influencia indirecta, lo cual se considera un margen adecuado para no estar expuestos a este tipo de contaminación.

4.3.1.3. Desagregación Espacial de Actividades mineras

Por medio de Google Earth se obtuvieron las coordenadas de las 8 minas y canteras del cantón, las cuales se encuentran ubicadas en la comunidad San Miguel de Guayusa, considerando las emisiones de los contaminantes de la fuente.



Ilustración 4-20: Mapa de ubicación de las Minas y Canteras del cantón Puerto Francisco de Orellana

Fuente: Instituto Geográfico Militar (IGM), 2013

Realizado por: Castillo y Ocampo, 2023.

En la ilustración 4-20 se muestra la serie espacial por minas y canteras del área de estudio con año base 2020, por lo que la emisión total de TSP fue de 363,36 toneladas al año y de PM₁₀ de 178,12 toneladas al año y de PM_{2.5} de 17,81 toneladas al año. Todo esto hace que sea una fuente representativa para que se lleven a cabo monitoreos no solo en las ciudades, sino también en el área donde el personal operativo de la empresa se encuentra expuesto de manera directa, y de manera indirecta, a los pobladores cercanos al área. Por otro lado, también se deben considerar las condiciones climáticas de la zona, ya que la expansión de las partículas depende de la

velocidad y dirección del viento, entre otras, y con ello determinar la comunidad que resultaría expuesta a estas partículas.

4.3.1.4. Desagregación Espacial de Vegetación

La desagregación de esta fuente se realizó a través de los datos recopilados del Reporte Anual correspondiente al año 2020 INAMHI en el cual se detalla el registro situacional y mapa de uso de suelo con base en los shapefiles del IGM. A continuación, los resultados descritos en la Ilustración 4-21:

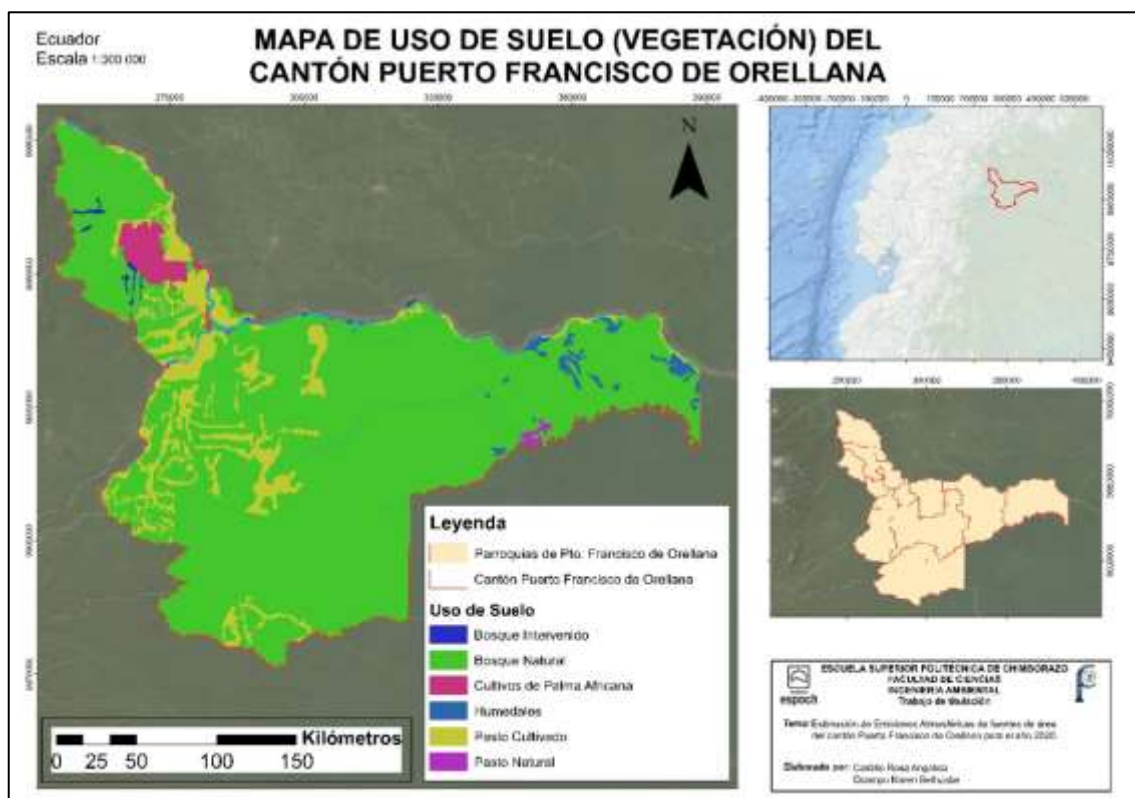


Ilustración 4-21: Mapa de uso de suelo del cantón Puerto Francisco de Orellana

Fuente: Instituto Geográfico Militar (IGM), 2013

Realizado por: Castillo y Ocampo, 2023.

De acuerdo con los resultados que se detallan en la serie espacial por fuentes biogénicas (Vegetación), las categorías por uso de suelo se establecen en Bosque Intervenido, Bosque Natural, Cultivos de Palma Africana, Humedales, Pasto Cultivado y Pasto Natural. A nivel general, se obtuvo un total de emisiones de 6501,92 (Ton/año) por COBs. De los cuales, se reportó que la tasa superior de emisión se dio por Isoprenos con un total de 6413,42 (Ton/año), esto se debe a la extensión de los Cultivos de Palma Africana, misma que, a nivel cantonal, se ubica con mayor presencia en la parroquia Nuevo Paraíso. Cabe mencionar que, los isoprenos son compuestos orgánicos volátiles que poseen mayor reactividad, y dependen estrechamente de la

vegetación de la masa foliar, condiciones de temperatura y radiación, para esta tasa de emisión se tomó como base al reporte situacional otorgado por el INAMHI para el año 2020 del cantón, si bien los isoprenos no alcanzan concentraciones elevadas en la tropósfera, señalan alta reactividad en radicales OH.

4.3.1.5. Desagregación Espacial de Erosión Eólica

Con base en los datos recopilados del Reporte Anual correspondiente al año 2020 proporcionados por el INAMHI y mapa de uso de suelo con cartografía del IGM, se detallan los resultados expresados en el mapa de desagregación espacial descritos en la Ilustración 4-22, a continuación:

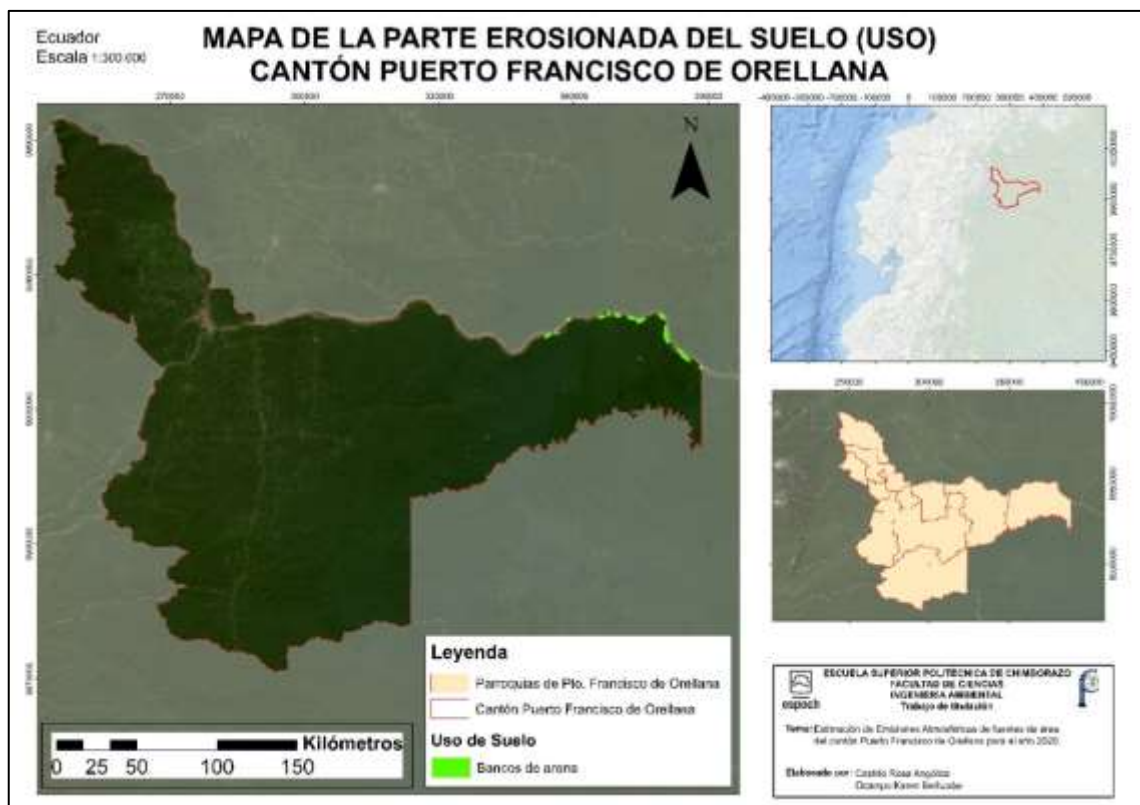


Ilustración 4-22: Mapa de ubicación de la parte erosionada del suelo del cantón Puerto Francisco de Orellana

Fuente: Instituto Geográfico Militar (IGM), 2013

Realizado por: Castillo y Ocampo, 2023.

Para la serie espacial de erosión eólica se realizó de acuerdo con la categoría indicada en la metodología, misma que se calculó con base en el mapa de uso de suelos y que señaló a los Bancos de arena del cantón en el año 2020. Como resultados de la emisión, se obtuvo un total de 0,32 (Ton/año) por los contaminantes de TSP (30 y 15 micras), PM₁₀ y PM_{2,5}. Del total emitido a nivel cantonal, la tasa de emisión con mayor incremento anual fue de 0,24 (Ton/año) por los TSP de 30 y 15 micras, esto se debe a que este tipo de partículas por su tamaño aerodinámico son más

dispersas en el medio. Se consideró que, a nivel cantonal esta fuente de emisión se genera por la falta de caminos y vías pavimentadas en zonas eriazas. Sin embargo, es necesario acotar que la de emisión de esta fuente en el cantón Puerto Francisco de Orellana no registró mayor tasa de contaminación a comparación de las fuentes calculadas anteriormente, la razón principal es su clima, ya que se encuentra en zona húmeda-tropical de la Amazonía ecuatoriana, por lo que la velocidad del viento máxima o promedio no son tan significativas en comparación con otras fuentes.

4.3.2. Desagregación Temporal

Para la desagregación temporal se aplicó aleatoriedad de datos, con el propósito de establecer los resultados para cada rango de tiempo establecido, en la que detalla las toneladas de manera diaria, semanal, mensual y anual, por lo cual, se partió con el dato de emisión anteriormente calculado de cada fuente de área y por cada contaminante.

4.3.2.1. Desagregación Temporal por Quema de residuos agrícolas

Con base en los resultados de la quema de residuos agrícolas, se detalla la desagregación mediante las siguientes ilustraciones, donde se expone la estimación en horas al día, semanas, meses y el total anual del período 2020 del cantón Puerto Francisco de Orellana.

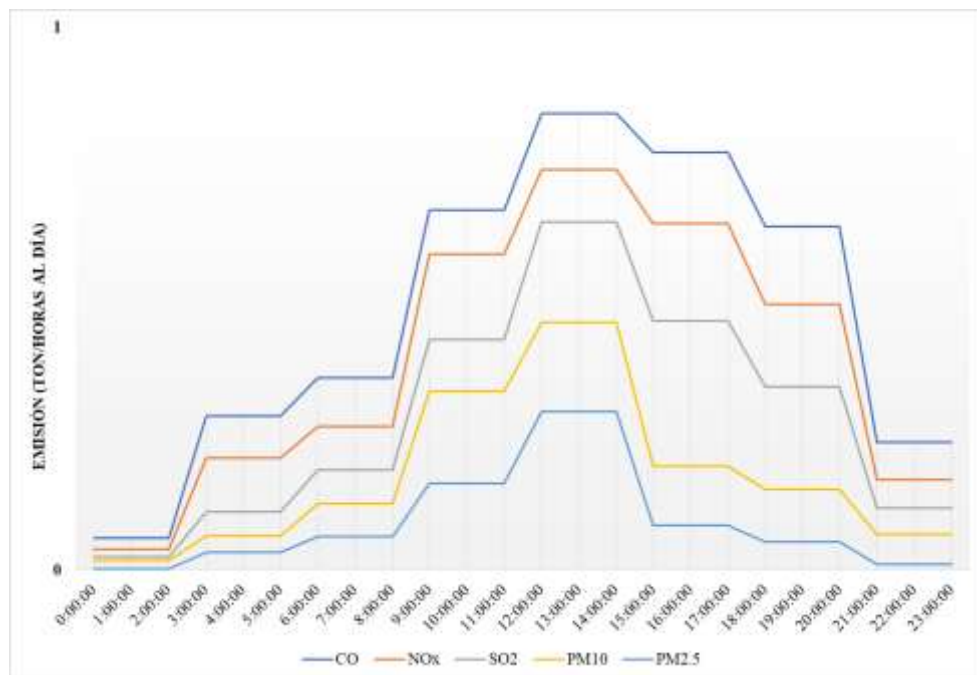


Ilustración 4- 23: Desagregación temporal por quema de residuos agrícolas en toneladas por horas

Realizado por: Castillo y Ocampo, 2023

Como se indica en la ilustración 4-23, entre los picos más altos de emisión reportados en toneladas por horas al día, se encuentran el CO y NO₂, con una tasa superior de emisión entre las 12 am a 2 pm por día, generalmente la razón de sus altos rangos se debe a que son contaminantes que se producen en abundancia y tienen mayor distribución en el medio. Se sabe que el CO y NO₂ son GEI que a largos períodos de exposición dejan secuelas de toxicidad en la salud humana y vegetal, en este caso, el tiempo de exposición es de 3h aproximadamente, si bien no es prolongada no significa que sea menos nocivo en el medio y en la salud.

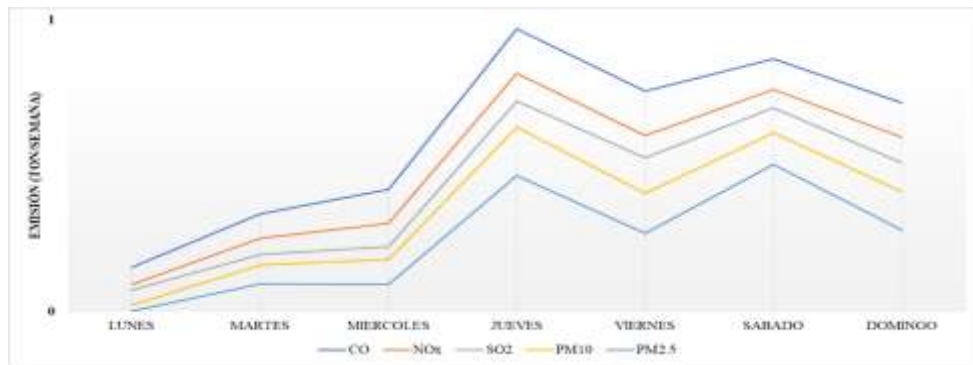


Ilustración 4-24: Desagregación temporal por quema de residuos agrícolas en toneladas por semana

Realizado por: Castillo y Ocampo, 2023

En cuanto a los días de la semana, se pudo analizar que bajo el reporte de emisión se suscitan de jueves a sábado, debido a que la mayoría de los ciudadanos del cantón que realizan quemas de residuos agrícolas de sus fincas expresaron que son días habituales para limpieza de sus terrenos, acotaron también que empíricamente los factores meteorológicos les son favorables.

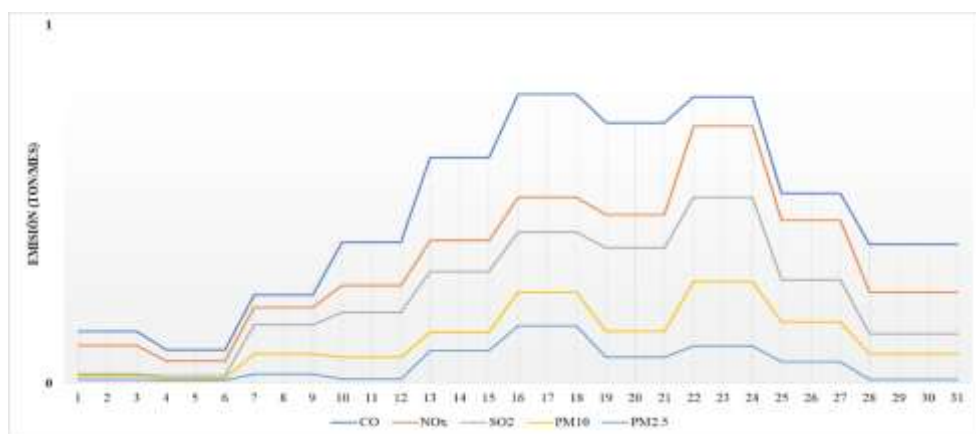


Ilustración 4-25: Desagregación temporal por quema de residuos agrícolas en toneladas por mes

Realizado por: Castillo y Ocampo, 2023

En la ilustración 4-25, es posible identificar que los días con mayor actividad de quema se dan aproximadamente a mediados de mes, desde el 16 al 24 con más frecuencia. De acuerdo con los datos proporcionados por el MAGAP-Orellana, la tasa de emisión se genera por el tipo de cultivos de la zona, ya que suelen ser días de cosecha y post limpieza (quema agrícola).

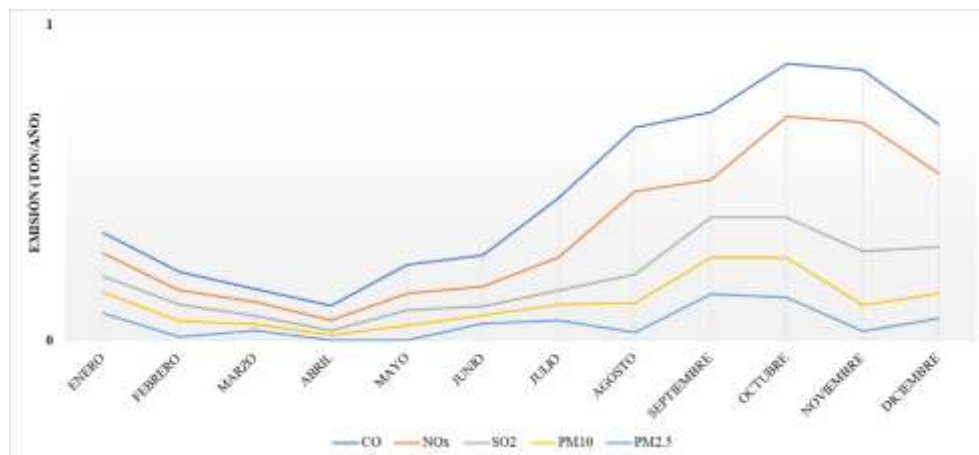


Ilustración 4-26: Desagregación temporal por quema de residuos agrícolas en toneladas por año

Realizado por: Castillo y Ocampo, 2023

Por otro lado, en referencia a los meses con los picos más altos de emisión anual se encuentran las emisiones de octubre a noviembre, con una mayor producción de CO y NO_x (Ton/año), debido a que, en estos meses, aspectos climáticos como temperatura y precipitación contribuyeron en el incremento de los desechos agrícolas del cantón. Es preciso acotar, que durante los meses de febrero a abril que corresponden a los picos más bajos, la quema agrícola redujo su emisión y actividad por los efectos del confinamiento a causa de la emergencia sanitaria de COVID-19 suscitada en el año 2020.

4.3.2.2. Desagregación Temporal por GLP

La desagregación temporal por GLP se representó a través varias ilustraciones de las cuales con los datos de la estimación de sus contaminantes fueron transformadas según la temporalidad de estos, es decir, en horas, día, semana, mes y año.

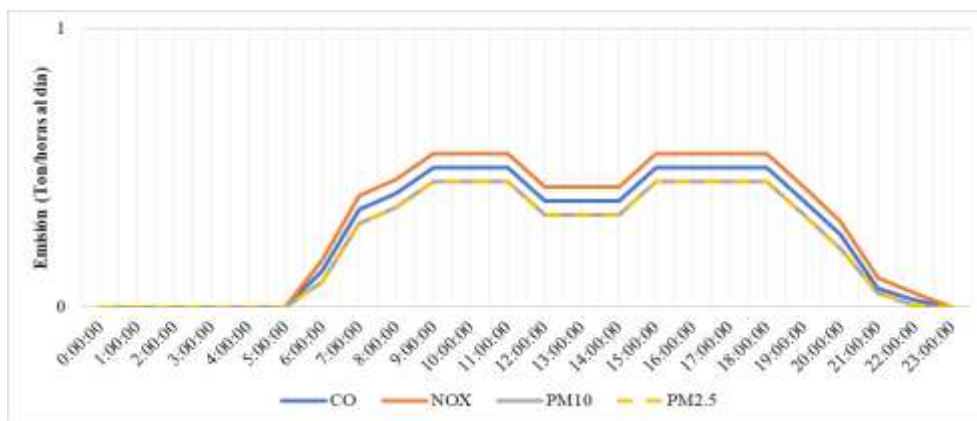


Ilustración 4-27: Desagregación temporal el uso de GLP en toneladas por día

Realizado por: Castillo y Ocampo, 2023

Como se evidencia en la ilustración anterior, la emisión por GLP empieza ascender desde las 5:00 am, la cual es la hora donde los trabajadores del sector ya se encuentran en actividad baja; el pico alto se encuentra desde las 9:00 am hasta las 6:00 pm que se representa las horas de la jornada diaria de realiza aproximadamente un carro repartidor de GLP.

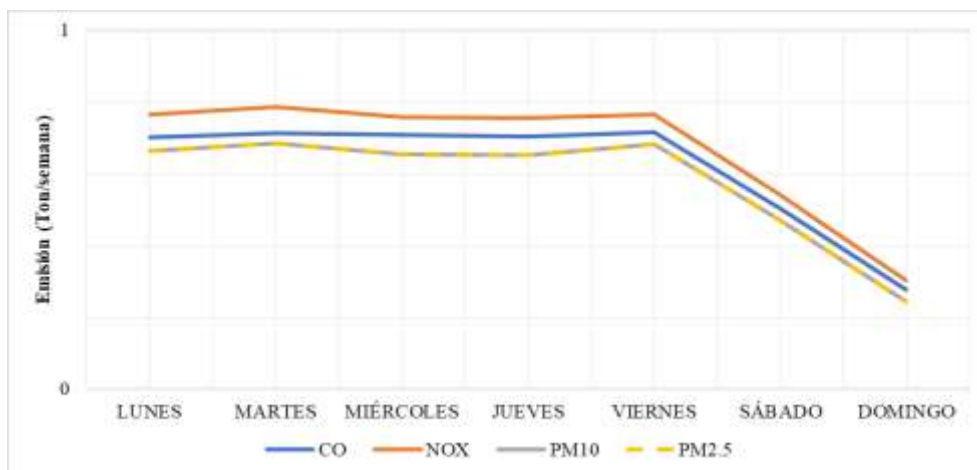


Ilustración 4-28: Desagregación temporal el uso de GLP en toneladas por semana

Realizado por: Castillo y Ocampo, 2023

Para la ilustración 4-28, se muestra que de lunes a viernes cuentan con una emisión similar, ya que su jornada laboral es constante los primeros días de la semana y disminuye en sábados y domingo debido a que las horas trabajadas son menores que lo habitual.

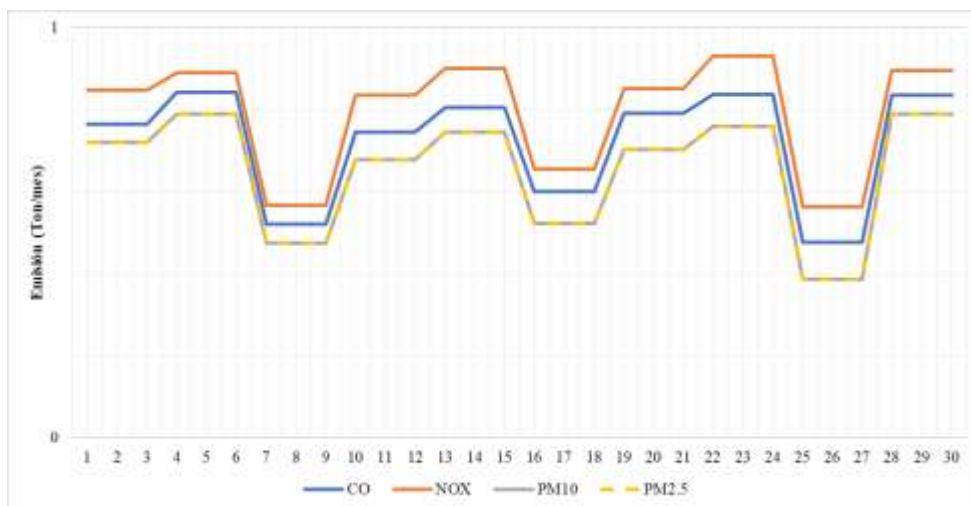


Ilustración 4-29: Desagregación temporal el uso de GLP en toneladas por mes

Realizado por: Castillo y Ocampo, 2023

Al observar la ilustración 4-29, indica que en el mes trabajado habrá días de alto consumo y venta de GLP, y a su vez, los puntos bajos, según datos obtenidos por las entrevistas, serían porque la gente adquirió el tanque de gas, por lo que no tendrían la necesidad de comprar otro hasta cierto periodo de tiempo.

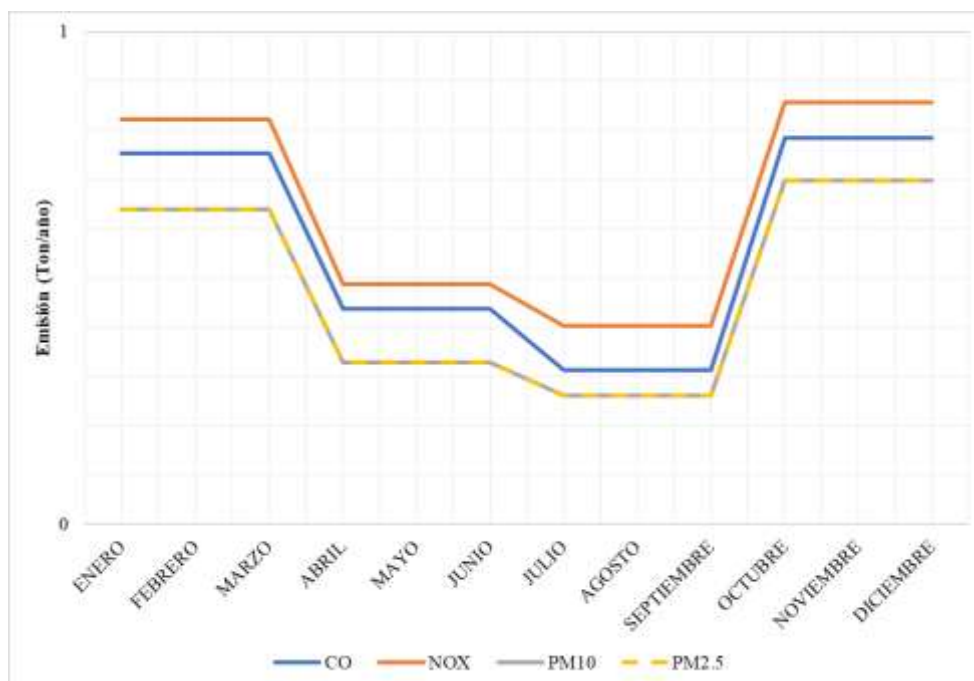


Ilustración 4-30: Desagregación temporal el uso de GLP en toneladas por año

Realizado por: Castillo y Ocampo, 2023

Los picos altos de la ilustración 4-30, indican al primer trimestre del año y al cuarto trimestre los cuales se mantienen constantes, debido a que la venta mensual sería igual o similar al promedio

de lo vendido. Para el tercer semestre del año (julio, agosto y septiembre) las ventas disminuyen, por lo que se justifica con las entrevistas, ya que estos meses son vacaciones para el régimen amazónico y un porcentaje de la población suele trasladarse a otras ciudades.

4.3.2.3. Desagregación Temporal por Estaciones de servicio

La desagregación temporal por las estaciones de servicio se representó por varias ilustraciones, por lo que se partió con el dato de la estimación de los COV generados en las estaciones de servicio, el cual se usó como relación con la venta de los combustibles y a través de la serie de tiempo en horas al día, semana y año.

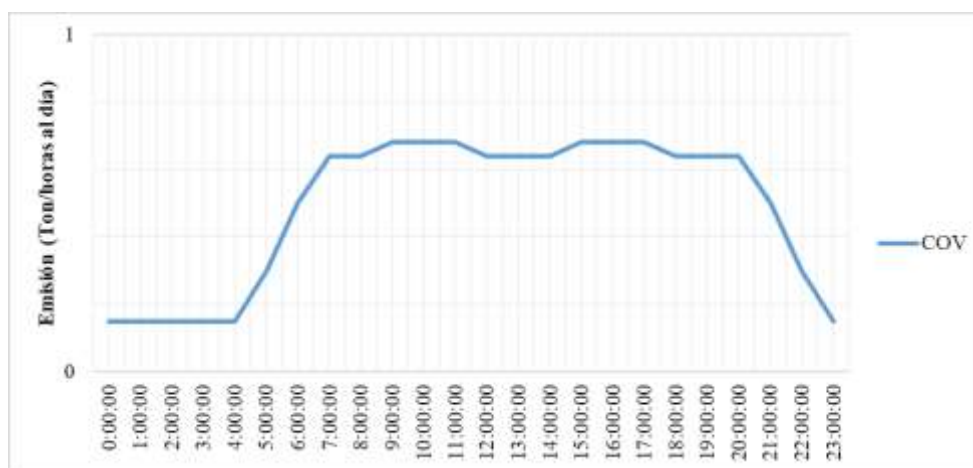


Ilustración 4-31: Desagregación temporal de estaciones de servicio en toneladas por día

Realizado por: Castillo y Ocampo, 2023

Como se evidencia en la ilustración 4-31, las horas bajas de venta de combustible corresponden a la madrugada, ya que la población no frecuenta estos lugares a esas horas, a excepción de un mínimo porcentaje de personas que se encuentran de paso en el cantón. Por otro lado, se observa que la frecuencia de venta de combustible es desde las 7:00 am hasta las 8:00 pm con una tendencia a una disminución, lo cual se debe a que son horas pico en el cantón y al haber solo 4 gasolineras, pese a la incomodidad que genera, los usuarios deben esperar por el servicio.

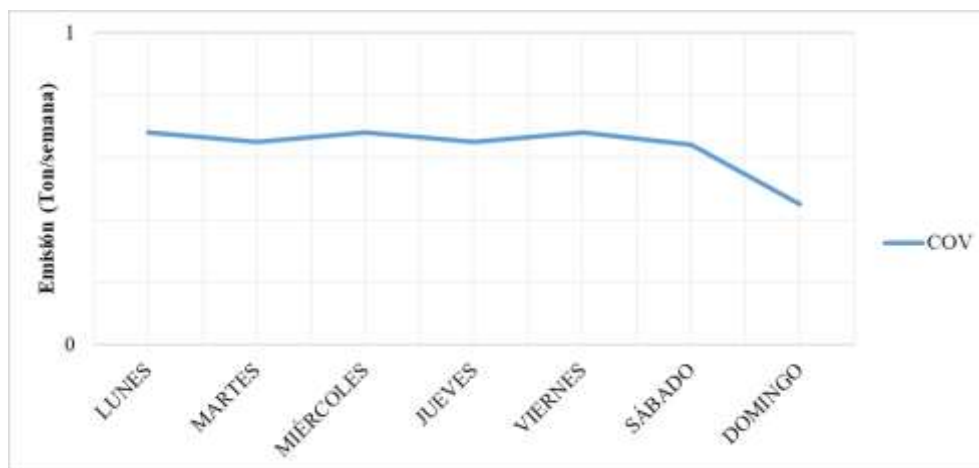


Ilustración 4-32: Desagregación temporal de estaciones de servicio en toneladas por semana

Realizado por: Castillo y Ocampo, 2023

La venta de combustible en una semana como se observa en la ilustración 4-32, indica que de lunes a viernes se mantiene similar el adquirir combustible en el cantón, debido a las actividades frecuentes de la población en esos días; mientras que el sábado y domingo disminuyen por ser días de descanso, pero existe venta de combustible más baja de lo habitual.

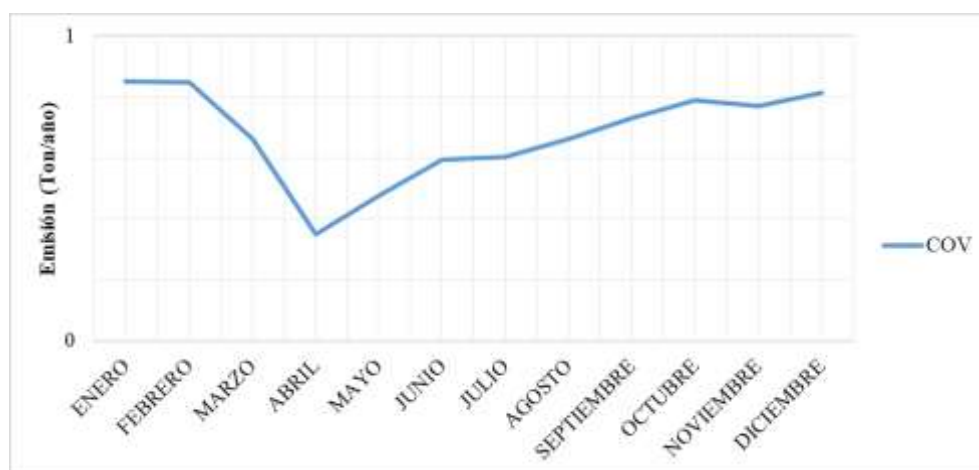


Ilustración 4-33: Desagregación temporal de estaciones de servicio en toneladas por año

Realizado por: Castillo y Ocampo, 2023

En la ilustración 4-33, demuestra las cantidades vendidas en el año base 2020, las cuales reflejan una normalidad en enero y febrero, mientras que en el mes de marzo fue disminuyó hasta el punto más bajo que fue en el mes de abril, esto se dio debido a la pandemia mundial COVID-19 por lo que las personas se encontraban confinadas en casa y solo pocas hacían uso de este servicio. A partir del mes de mayo las ventas fueron aumentado continuamente hasta quedar promedio a lo que se vendía anual antes de pandemia.

4.3.2.4. Desagregación Temporal de Actividades mineras

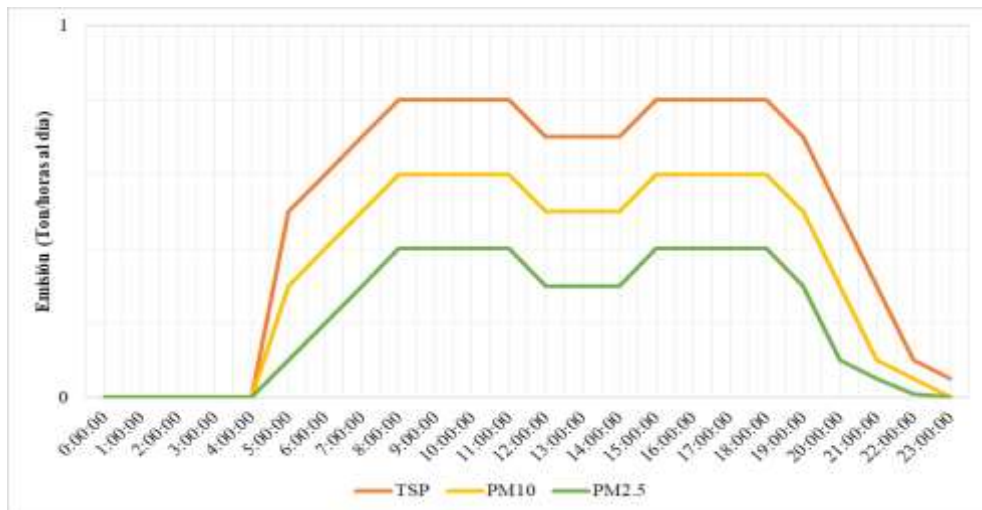


Ilustración 4-34: Desagregación temporal por minas y canteras en toneladas por horas

Realizado por: Castillo y Ocampo, 2023

Por medio de la ilustración 4-34, se demostró que las actividades mineras empiezan una jornada laboral aproximadamente desde las 8:00 am a 6:00 pm, por lo que su emisión será contaste en el lapso del tiempo de trabajo, excluyendo las horas de alimentación del personal. Las actividades mineras en su mayoría cumplen con un horario informal por lo que siempre estará dependiendo de la disposición del trabajador, del equipo y maquinaria requerida para la explotación de material pétreo.

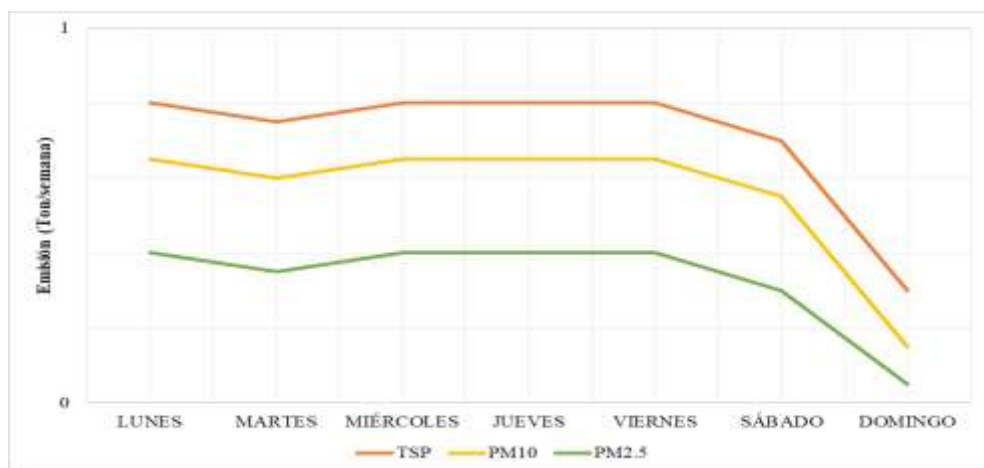


Ilustración 4-35: Desagregación temporal por minas y canteras en toneladas por semana

Realizado por: Castillo y Ocampo, 2023

La ilustración 4-35, indica la jornada semanal de las minas y canteras, por lo cual demuestra un horario habitual de trabajo, con un día de descanso. Esto no siempre se cumple en la vida real, ya que para explotar el material pétreo también dependerá de las condiciones climáticas de la zona

explotada, por ejemplo, las precipitaciones hacen que el río crezca y no puedan extraer el material pétreo del lugar en un día determinado de la semana.

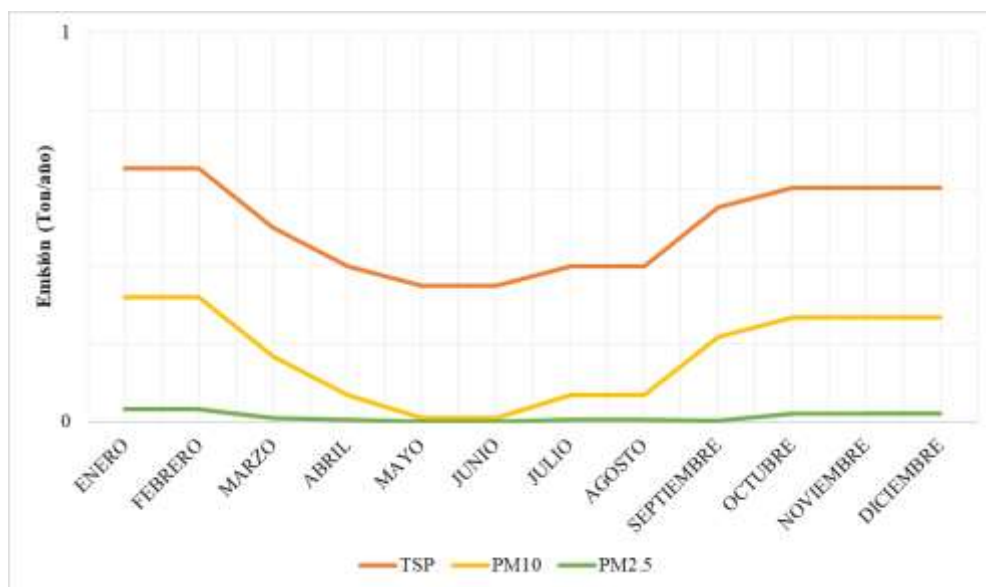


Ilustración 4-36: Desagregación temporal por minas y canteras en toneladas por año

Realizado por: Castillo y Ocampo, 2023

Para la explicación la ilustración 4-36, nos basamos en entrevistas a propietarios de minas y canteras del cantón, de los cuales indicó que la pandemia mundial en el 2020 fue una de las causantes por la cual dejaron de explotar el volumen diario de material pétreo, causando bajos ingresos a los propietarios. Por otro lado, la ilustración evidencia que del volumen extraído diario de esta actividad fue bajando desde marzo hasta su pico más bajo en los meses de mayo y junio, las actividades retornaron paulatinamente en sitios como estos hasta llegar casi a la normalidad a finales del año 2020.

4.3.2.5. Desagregación Temporal por Vegetación

A continuación, se detallan las emisiones obtenidas por fuentes biogénicas de las 3 categorías, mismas que van de acuerdo con el reporte estimado en horas al día, semanas, meses y anual, como se indica en las ilustraciones siguientes:

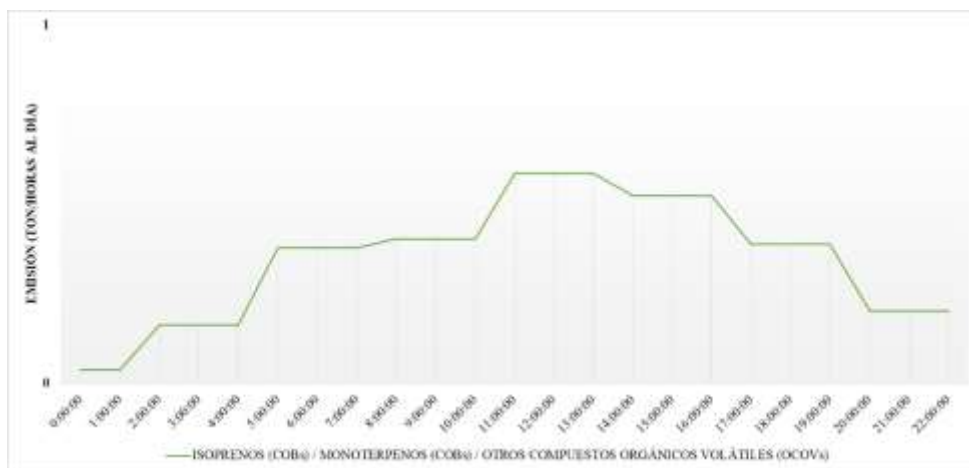


Ilustración 4-37: Desagregación temporal por fuentes biogénicas en toneladas por día

Realizado por: Castillo y Ocampo, 2023

De acuerdo con la ilustración anterior, los picos más altos de COV's reportados en (Ton/ hora al día) por fuentes biogénicas, poseen un incremento de emisión entre las 11am a 13pm, debido a que en este rango horario hay mayor incidencia de los niveles de temperatura y radiación en el cantón. Cabe señalar, que en esta fuente el mayor valor fue por emisiones de Isoprenos, generadas por influencia directa de temperatura, radiación y por la extensión de la superficie de los cultivos de Palma Africana que corresponden a la categoría de arboricultura tropical amazónica.



Ilustración 4-38: Desagregación temporal por fuentes biogénicas en toneladas por semana

Realizado por: Castillo y Ocampo, 2023

La emisión en (Ton/semana) registró que los picos más altos se generan de jueves a sábado, ciertamente la tasa se incrementa en este periodo semanal por la influencia de temperatura y radiación, de acuerdo con el reporte meteorológico situacional proporcionado por el INAMHI, las temperaturas oscilantes están entre los 26,3 a 27,8°C y la radiación aproximada es de 203,8 W m⁻².



Ilustración 4-39: Desagregación temporal por fuentes biogénicas en toneladas por mes

Realizado por: Castillo y Ocampo, 2023

De acuerdo con la ilustración 4-39, los días que presentaron los picos más altos de emisión se encuentran entre el día 13 a 15 del mes y del 25 a 29, es decir a mediados y fin de mes, donde es posible indicar que dentro el total de emisiones en (Ton/mes) que se generan dentro del rango de días descritos, se originan por mayor influencia de los aspectos climáticos antes mencionados.

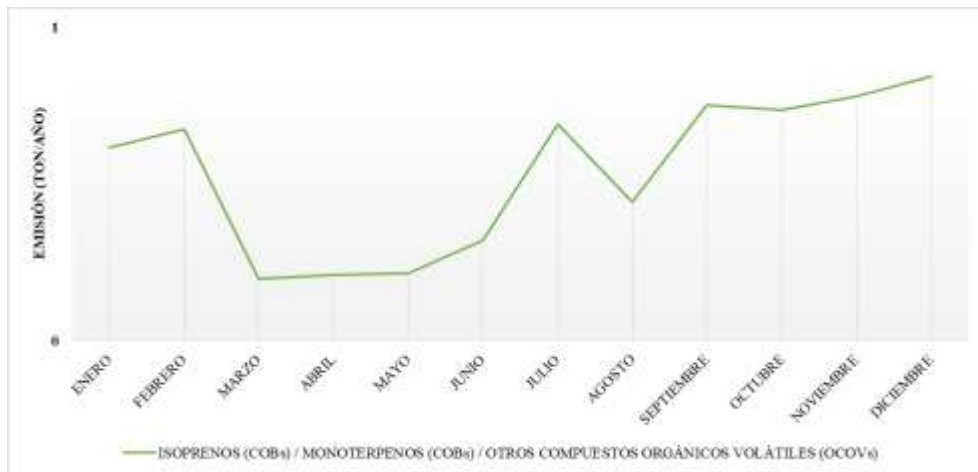


Ilustración 4-40: Desagregación temporal por fuentes biogénicas en toneladas por año

Realizado por: Castillo y Ocampo, 2023

En referencia a los meses con los picos más altos de emisión anual por generación de COV's (Ton/año), se encuentran en febrero, julio y septiembre, a causa de que, en estos meses registrados, las condiciones ambientales tuvieron un incremento de T° y Rad en comparación con los meses que presentaron los picos más bajos de emisión y corresponden a los meses de marzo a mayo. Mencionando que, en los meses de marzo a mayo por la época lluviosa registrada en 2020, el descenso de temperatura evidencia el bajo nivel de emisión de COV's para esta fuente de área.

4.3.2.6. Desagregación Temporal por Erosión eólica

Para la fuente de erosión eólica en la ilustración que se indica a continuación, se identifican las emisiones generadas en el año 2020, mismas que van de acuerdo al reporte estimado las horas al día, semanas, meses y el total anual.

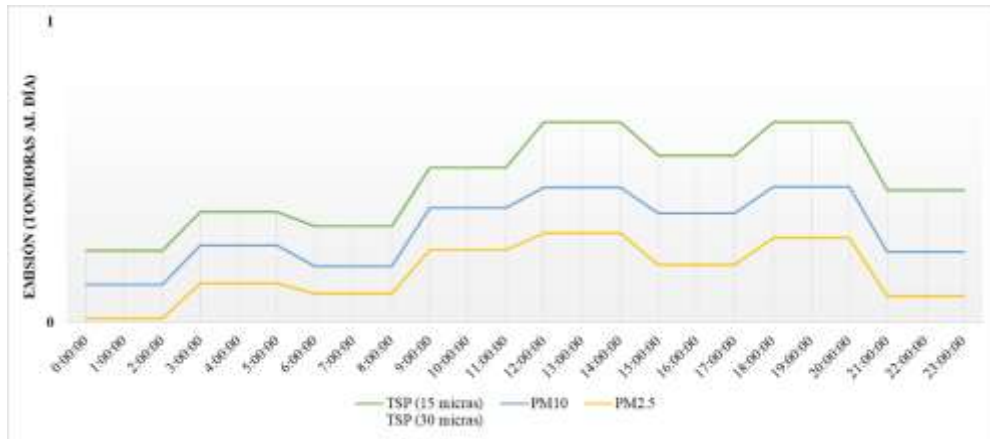


Ilustración 4-41: Desagregación temporal por erosión eólica en toneladas por día

Realizado por: Castillo y Ocampo, 2023

Como se indica en la ilustración 4-41, los picos más altos corresponden a los TSP (15 y 30 micras) reportados en (Ton/ hora al día) por erosión eólica, señalan que el incremento de emisión se encuentra entre las 12:00am a 14:00pm y de 18:00pm a 20:00pm, debido a que en este rango horario hay mayor incidencia de la velocidad media del viento. Esta incidencia se genera por las actividades diarias, como movimientos de partículas por rodamiento (flujo vehicular) en las carreteras no pavimentadas del cantón y levantamiento de polvos en sitios eriazos.

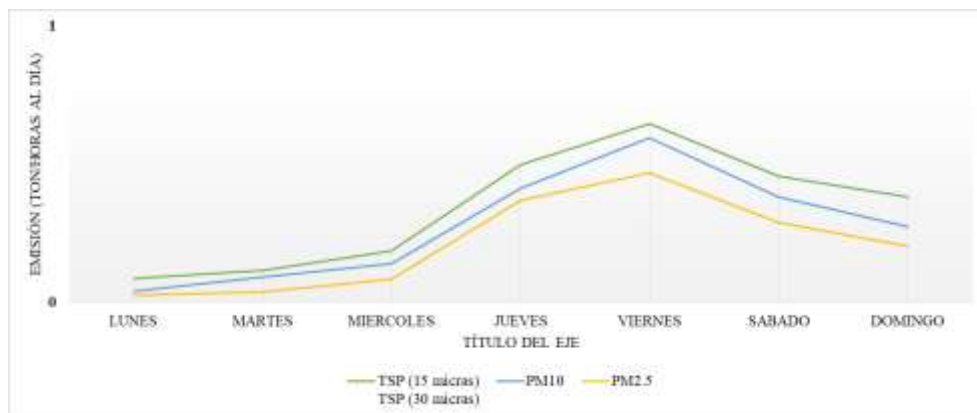


Ilustración 4-42: Desagregación temporal por erosión eólica en toneladas por semana

Realizado por: Castillo y Ocampo, 2023

Tal como se describe en la ilustración, los picos de emisión en (Ton/semana) más altos reportaron que los TSP incrementan su tasa entre los jueves y viernes, esto se genera por el flujo de

rodamiento vehicular en zonas no pavimentadas. De la misma manera, para esta fuente también se empleó el reporte meteorológico situacional proporcionado por el INAMHI, en donde se indica la velocidad del viento en promedios máximos, medios y mínimos.

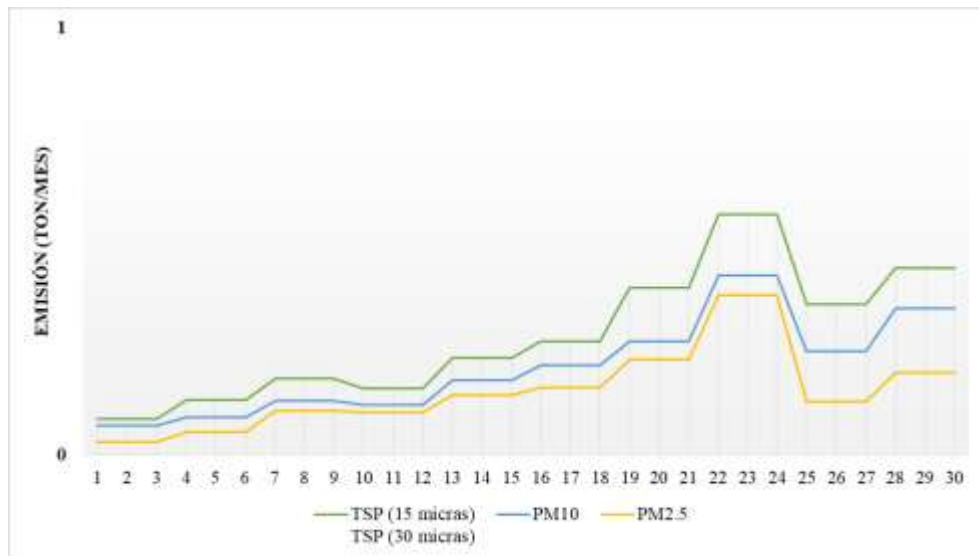


Ilustración 4-43: Desagregación temporal por erosión eólica en toneladas por mes

Realizado por: Castillo y Ocampo, 2023

Respecto a la desagregación por erosión eólica, los picos de emisión más elevados en (Ton/mes) se encuentran entre el día 22 a 25 y 28 del mes, con una velocidad del viento promedio de 33,7 Km/hora y del 25 a 29, es posible indicar que en las emisiones en (Ton/mes) que se generan dentro del rango de días descritos, se generaron el incremento en las actividades diarias de los ciudadanos del cantón y por la mayor influencia del aspecto climático antes mencionados.

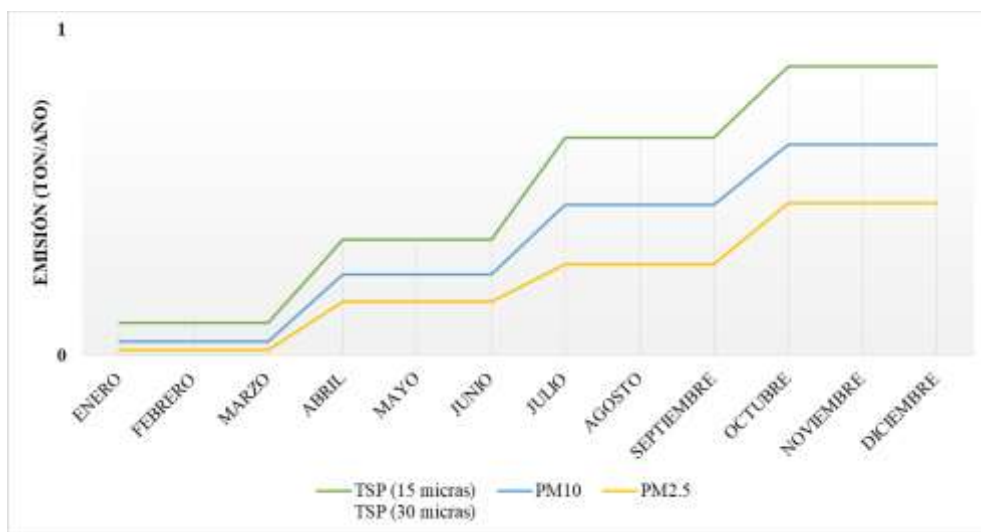


Ilustración 4-44: Desagregación temporal por erosión eólica en toneladas por año

Realizado por: Castillo y Ocampo, 2023

Finalmente, de acuerdo con los valores descritos en la ilustración 4-44 los picos más altos de emisión anual por generación de TSP de 15 y 30 micras (Ton/año), se encuentran en julio y octubre, debido a que el incremento de las emisiones se da en condiciones de época seca, misma que empieza entre los meses de junio a noviembre. Por tanto, como resultado de esta fuente se debe considerar que la velocidad del viento dentro de esta época y su efecto con la erosión eólica es de 37,2 km/hora, tal como lo indica el reporte anual realizado por el INAMHI y con respecto al pico de emisión más bajo, se registró que en los meses de enero a marzo por la época lluviosa, datos de precipitación y velocidad del viento promedio de 26,9 km/hora, las emisiones TSP de 15 y 30 micras (Ton/año) son inferiores para esta fuente de área.

4.4. Resultados

Por medio de los resultados obtenidos de cada fuente de área se logró obtener un total de emisiones atmosféricas por cada contaminante para el año 2020 como se detalla en la siguiente tabla:

Tabla 4-20: Total de emisiones atmosféricas generadas por fuentes de área del cantón para el año 2020

FUENTES DE ÁREA	Contaminante (Toneladas/año)						
	CO	NO _x	SO ₂	PM ₁₀	PM _{2.5}	COV	TSP
Quema de residuos agrícolas	8,7	0,69	0,3	0,68	0,64	0	0
Uso de GLP	5,48	32,52	0	1,83	1,83	0	0
Estaciones de servicio	0	0	0	0	0	206,25	0
Minas y Canteras	0	0	0	178,12	17,81	0	363,36
Vegetación	0	0	0	0	0	6501,92	0
Erosión eólica	0	0	0	0,7	0,1	0	0,24
TOTAL	14,18	33,21	0,3	181,33	20,38	6708,17	363,6

Realizado por: Castillo y Ocampo, 2023

Los datos obtenidos de la tabla 4-20 son expresados de manera ilustrativa para un mejor análisis, como se muestra a continuación:

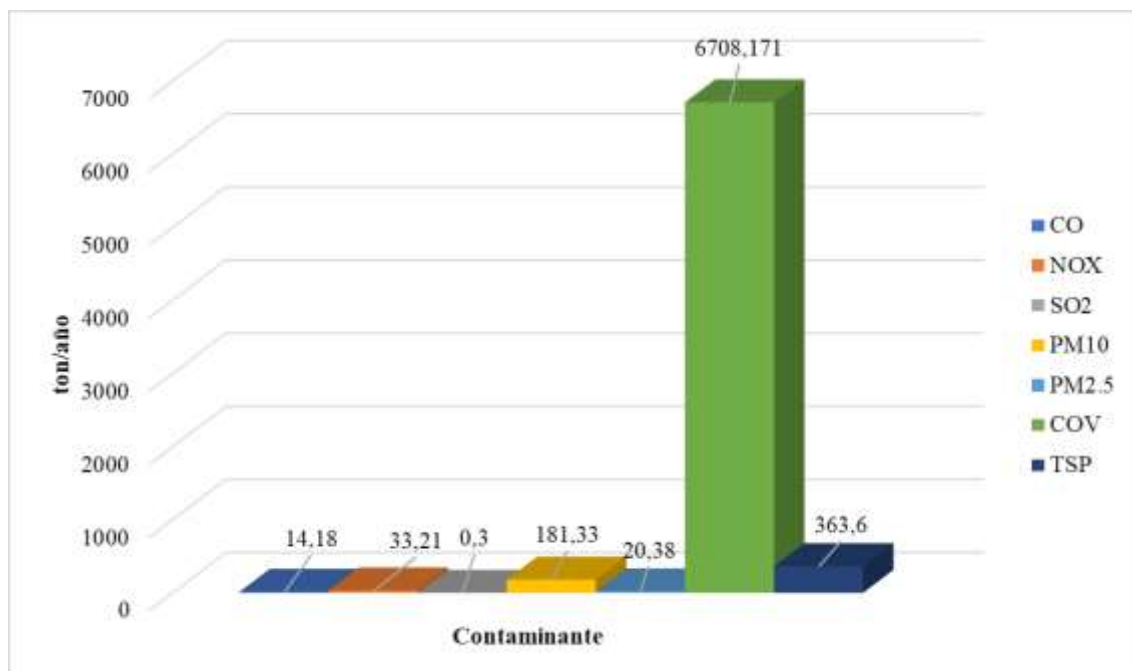


Ilustración 4-45: Total de emisiones atmosféricas del año 2020 generadas por los contaminantes de estudio

Realizado por: Castillo y Ocampo, 2023

Acorde a la ilustración anterior, se demuestra que, el contaminante que más emisiones atmosféricas generó en el año 2020 en el sitio de estudio fue los COV con un total de 6708,17 toneladas al año, debido a que el cantón cuenta con una superficie biodiversa con gran parte de bosque natural, entre otros; por otra parte, se debe tomar en cuenta a este contaminante ya que se conoce que estos tienen consecuencias en la salud a largo y corto plazo de su exposición, en especial por inhalación, pero también causa efectos significativos para el ambiente, por lo que juegan un rol importante para la formación de ozono troposférico (Viteri, 2012, p.1-3). En cuanto a las emisiones generadas por las partículas, se observa que las TSP emiten mayor concentración de contaminación que las PM₁₀ y PM_{2,5}, obteniendo así 363,6 toneladas al año de TSP, 181,33 toneladas al año de PM₁₀ y para el PM_{2,5}, se obtuvo 20,38 toneladas al año. Se debe tener en consideración, que los PM₁₀ y PM_{2,5} son partículas que generan gran afectación no solo al medio ambiente sino por sobre todo a las poblaciones cercanas a estas fuentes de emisión ya que sus efectos sobre la salud bajo este tipo de condiciones diarias que visualmente no son notorias, pero a medida que pasa el tiempo de exposición y sea prolongado estas empiezan a generar graves afecciones en la salud de los ciudadanos (Páez et al, 2016; citados en Parrado, 2019, p.48).

Por otra parte, también se encuentra el NO_x con una emisión anual de 33,21 toneladas al año, a este valor hay que considerarle como una alerta a la población, dado a que este tipo de contaminante con una emisión tan directa que a raíz del consumo industrial y doméstico de GLP conlleva a graves problemas respiratorios debido a la formación de smog fotoquímico. Esta

emisión produce en la atmósfera GEI y a nivel ambiental no solo el enfoque de riesgo se centra en que, al precipitarse este gas, llega a acidificar a suelos y aguas superficiales (Parrado, 2019, p.46). Asimismo, el emisor monóxido de carbono (CO), generó un total de 14,18 toneladas anuales, dadas las fuentes de áreas estimadas se considera que esta emisión se produce por la facilidad de dispersión del compuesto hacia el medio atmosférico, a nivel cantonal la generación de esta tasa se debe a las prácticas de quemas agrícolas a cielo abierto y uso industrial y doméstico de GLP. Este tipo de contaminante afecta a ecosistemas completos y en la salud de la población impacta de manera directa al sistema cardiovascular e incluso ocasiona accidentes cerebrovasculares (Colvile et al, 2001; citados en Parrado, 2019, p.44), por ello, la importancia del monitoreo de calidad atmosférica en cada localidad a nivel nacional. Es importante aclarar que este gas es precursor del cambio climático y en tasas de exposición continuas y elevadas pueden llegar a ser letales. Finalmente, en la tasa más baja de emisión a nivel cantonal se posiciona el SO₂, con un total de 0,3 toneladas al año, y pese a que es considerado como la menor emisión, es igual de significativo ya que este tipo de contaminante con bajas exposiciones, a largo plazo es capaz de generar cambios irreversibles en la calidad del aire (Valencia, 2019; citados en Parrado, 2019, p.45)., en el cantón este contaminante se produce por las actividades de quemas agrícolas.

Las desagregaciones espaciales se realizaron para cada fuente de área del cantón Puerto Francisco de Orellana en el año 2020, de las cuales se detallan las siguientes fuentes: quema de residuos agrícolas, estaciones de servicio, minas y canteras, vegetación y erosión eólica. Para el caso de GLP al encontrarse datos de emisión en mayor abundancia y de forma dispersa se descartó para la serie temporal.

Por medio de la desagregación espacial se observa la interacción del área o foco de contaminación de cada fuente con sus respectivos contaminantes. Esto nos indica qué tan expuesta está el área influencia directa o influencia indirecta respecto a la fuente que emite contaminación al realizar las actividades cotidianas, indicando así prioridad para la población que está siendo afectada en el punto. Esto se realizó gracias a el software ArcGIS donde se ubicaron las coordenadas de las fuentes descritas anteriormente, y según eso localizar a la comunidad o parroquia cercana.

Conforme a los resultados por cada desagregación temporal se establece que la tasa con mayor emisión anual registrada corresponde al uso de GLP con un total de 7307,47 toneladas al año, donde los picos altos señalaron que las emisiones ascienden desde las 5:00 am, donde los trabajadores del sector empiezan con la actividad y se retoma desde las 9:00 am hasta las 6:00 pm, en cuanto a las tasas bajas, se expresa que en el tercer semestre del año las ventas disminuyen debido al temporal vacacional para el régimen amazónico. Del mismo modo, para las fuentes biogénicas (COBs), dado que su emisión anual fue de 6501,92 toneladas al año, se reportó que los picos más altos de (COBs) reportados en toneladas al día, se dieron entre las 11am a 13pm, por la incidencia de los niveles de temperatura y radiación en el cantón, el valor más elevado se

dio por las emisiones de Isoprenos que generan los cultivos de Palma Africana por influencia directa de la temperatura y radiación.

En el caso de las actividades mineras se obtuvo un total de 333, 58 toneladas al año por el sector privado y 29,78 toneladas al año por el sector público, en este caso los picos de emisión empezaron desde las 8:00 am a 6:00 pm, generalmente las actividades mineras cumplen con un horario informal ya que dependen de la disposición del trabajador, equipos y maquinaria requerida para la explotación de material pétreo. Para la fuente de quema de residuos agrícolas, se generó un total de 138,34 toneladas por año, donde los picos más altos de emisión reportados en toneladas por horas al día se dieron entre las 12:00 am a 2:00 pm por día, como un aspecto importante a considerar es que desde los meses de febrero hasta abril se reportaron como los picos más bajos de quema agrícola, y la razón principal de la reducción de su emisión y actividad fue a causa de la emergencia sanitaria de COVID-19 suscitada en el primer quimestre del año 2020.

Para el caso de estaciones de servicio , se obtuvo un reporte generado de 103,686 toneladas al año de combustible tipo Diesel 2, 100,237 toneladas al año de Gasolina Extra y 2,324 toneladas al año de Gasolina Super, en este caso los picos de emisión más bajos fueron en horas de la madrugada, y los picos más elevados se dieron entre las 7:00 am hasta las 8:00 pm con unas bajadas leves, las cantidades vendidas en el año base 2020, reflejaron una tasa de normalidad en enero y febrero, mientras que en el mes de marzo fue disminuyo hasta el punto más bajo que fue en el mes de abril, debido a la pandemia de COVID-19.

Por último, en la desagregación de erosión eólica se reportó un total de emisiones de 0,32 toneladas al año, de la cual los picos más altos correspondieron a los TSP (15 y 30 micras) reportados en toneladas al día con un incremento de emisión entre las 12:00am a 14:00pm y de 18:00pm a 20:00pm, a razón de que en este rango horario se generó mayor incidencia de la velocidad media del viento. Además, se registró también que, en los meses de enero a marzo por la época lluviosa, la precipitación y velocidad del viento promedio de 26,9 km/hora, las emisiones TSP de 15 y 30 micras toneladas al año fueron inferiores en el reporte de emisión.

CAPÍTULO V

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

- Se realizaron las estimaciones para las seis fuentes de área establecidas del cantón Puerto Francisco de Orellana en el año 2020, con base en la documentación actualizada; las emisiones generas de las fuentes se reportó de forma cualitativa y cuantitativa.
- Se identificaron seis fuentes de áreas relevantes respecto a: quema de residuos agrícolas, uso de GLP, estaciones de servicio, actividades mineras, vegetación y erosión eólica; y se descartó la fuente de incendios forestales, debido a que no se obtuvo ningún dato en el año 2020.
- A través de metodologías como la EMEP/EEA, US.EPA e IPCC, se determinó la mayor emisión de: CO y SO₂ por quema de residuos agrícolas; NO_x por el uso de GLP; COV en vegetación, y; TSP, PM_{2.5} y PM₁₀ en actividades mineras.
- Como resultado de la recopilación de información en campo se obtuvo la desagregación espacial y temporal (anual, mensual, semanal y diaria), se representó por medio de mapas e ilustraciones con tasas y picos de emisión generadas para cada fuente.

5.2. Recomendaciones

- Con la información obtenida se recomienda diseñar los inventarios de emisiones anuales por lo que el presente estudio propone aportar soluciones a la calidad del aire y documentación emitida por los departamentos de calidad ambiental del país.
- Se sugiere que la gestión para la documentación se realice de manera oportuna hacia los entes gubernamentales del área ambiental, porque los procesos de entrega por parte de las instituciones suelen ser prolongados.
- Es preciso que se mantenga actualización continua en cuanto a la documentación de las metodologías que se indican en la US.EPA, IPCC, EMEP/EAA y Guenther.
- Se debe usar la base de datos como catastros o reportes actualizados.

BIBLIOGRAFÍA

BBVA. *¿Qué es y qué tipos de contaminación ambiental existen?* [en línea]. España: Banco Bilbao Vizcaya Argentaria, 2023. [Consulta 2023-03-22]. Disponible en: <https://www.bbva.com/es/ar/sostenibilidad/como-suscribirse-al-resumen-online-de-las-cuentas-y-tarjetas-bbva/>

BERMEO STERLING, Jackeline Stephanie. Valorización económica ambiental del recurso aire en el cantón Francisco de Orellana [En línea] (Trabajo de titulación). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador. 2022. pp. 2. [Consulta 2023-03-22]. Disponible en: <http://dspace.espoch.edu.ec/bitstream/123456789/17601/1/236T0599.pdf>

Boletín de la Información Clínica Terapéutica de la ANMM. “La contaminación del aire y los problemas respiratorios”. *Revista de la Facultad de Medicina de la UNAM* [en línea], 2015 (México) 58(5), pp. 44-47. [Consulta: 19 agosto 2022]. Disponible en: <https://www.scielo.org.mx/pdf/facmed/v58n5/2448-4865-facmed-58-05-00044.pdf>

Código Orgánico del Ambiente (Ley 0, Registro Oficial Suplemento 983 de 12-abr.-2017)

CONDORCHEM. *NOX (ÓXIDOS DE NITRÓGENO)* [en línea]. [Consulta: 13 de agosto 2022]. Disponible en: [https://condorchem.com/es/nox-oxidos-nitrogeno/#:~:text=Los%20C3%B3xidos%20de%20nitr%C3%B3geno%20\(NOX,representan%20en%20presencia%20de%20ox%C3%ADgeno.](https://condorchem.com/es/nox-oxidos-nitrogeno/#:~:text=Los%20C3%B3xidos%20de%20nitr%C3%B3geno%20(NOX,representan%20en%20presencia%20de%20ox%C3%ADgeno.)

Constitución de la República del Ecuador 2008 (Decreto Legislativo 0, Registro Oficial 449 de 20-oct-2008).

CRUZ, M., GÓMEZ, A., RAMÍREZ, R., VILLALBA, A., MONGE, O., VARELA, J., QUIROZ, J. y DUARTE, H. “Calidad del aire respecto de metales (PB, CD, NI, CU, CR) y relación con salud respiratoria: caso Sonora, México”. *Rev. Int. Contam. Ambie*, vol. 33, n° 2 (2017), (México) pp.23-34.

CUEVAS HERNÁNDEZ, Ana Lilia. 2019. *La atmósfera, sus capas y propiedades* [en línea]. México; Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. [Consulta: 24 agosto 2022]. Disponible en: https://www.uaeh.edu.mx/division_academica/educacion-media/repositorio/2019/3- semestre/diversidad-espacio-terrestre/docs/la-atmosfera-capas-propiedades.pdf

EMEP/EEA. *Guía de inventario de emisiones de contaminantes atmosféricos de EMEP/EEA 2019* [en línea]. [Consulta: 28 de julio 2022]. Disponible en: <https://www.eea.europa.eu/publications/emep-eea-guidebook-2019>

GALARZA MONTERO, John Faustino. La contaminación atmosférica por fuentes móviles: caso Milagro [En línea] (Trabajo de titulación). Universidad Estatal de Milagro, Milagro,

Ecuador. 2018. pp. 27-28. [Consulta: 02 septiembre 2022]. Disponible en: <https://repositorio.unemi.edu.ec/bitstream/123456789/3912/1/CONTAMINACION%20ATMOSFERICA.pdf>

GOBIERNO DE CANARIAS. *Hidrocarburos* [en línea]. Canarias: Consejería de Transición Ecológica, Lucha contra el Cambio Climático y Planificación Territorial, 2019. [Consulta: 22 de agosto 2022]. Disponible en: <https://www.gobiernodecanarias.org/energia/materias/hidrocarburos/>

HERNÁNDEZ, A., VALDIVIA, R., ROMO, J., HERNÁNDEZ, J y CUEVAS, C. “Valoración económica para un mejoramiento ambiental en León, Guanajuato”. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* [en línea], 2018, (México) 9(1), pp. 37-49. [Consulta: 22 marzo 2023]. Disponible en: <https://www.scielo.org.mx/pdf/remexca/v9n1/2007-0934-remexca-9-01-37.pdf>

HUERE PEÑA, Jorge Luis. Patrones de comportamiento de datos meteorológicos mediante técnicas de Data Mining en Huancavelica 2018 – 2019 [En línea] (Doctorado). Universidad Nacional de Huancavelica, Huancavelica, Perú. 2021. pp. 7-8. [Consulta: 2022-08-20]. Disponible en: <https://apirepositorio.unh.edu.pe/server/api/core/bitstreams/9a00e5ce-d03f-4da3-9ffc-3879f42f45fd/content>

IDEAM. *Generalidades del Ozono* [en línea]. Bogotá: Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, 2017. [Consulta: 23 agosto 2022]. Disponible en: <http://www.ideam.gov.co/web/tiempo-y-clima/generalidades-del-ozono#:~:text=El%20ozono%20es%20un%20gas,es%20explosivo%20en%20peque%C3%B1as%20cantidades>

INDUANALISIS. *Dióxido de azufre (SO₂)* [en línea]. Bucaramanga: Laboratorio Ambiental, 2019. [Consulta: 16 de agosto de 2022] Disponible en: https://www.induanalisis.com/publicacion/detalle/_dióxido_de_azufre_so2_22

INSST. *Documentación toxicológica para la actualización del límite de exposición profesional del dióxido de nitrógeno* [en línea]. España: Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo, 2018. [Consulta: 13 de agosto de 2022] Disponible en: <https://www.insst.es/documents/94886/431980/DLEP+116++Di%C3%B3xido+de+nitr%C3%B3geno++A%C3%B1o+2018.pdf/b295ec76-11fc-43fb-9834-31e8336d99bc?version=1.0&t=1551310405104>

IPCC, 2018. *Ficha informativa del IPCC: ¿Qué es el IPCC?* [en línea]. Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático, 2018. pp. 1-2.

[Consulta: 20 agosto 2022]. Disponible en:
https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/04/FS_what_ipcc_es.pdf

MAE, 2014. *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]. Quito: Ministerio del Ambiente, 2014. [Consulta: 23 agosto 2022]. Disponible en: <https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2014/05/Libro-Resumen-Inventario-13-02-2014-prensa.pdf>

MAE, AGENCIA SUIZA PARA EL DESARROLLO Y LA COOPERACIÓN y COSUDE, 2010. *Plan Nacional de la Calidad de Aire* [En línea]. Quito. [Consulta: 21 febrero 2023]. Disponible en: <https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2012/10/libro-calidad-aire-1-final.pdf>

MARTÍNEZ MARTÍNEZ, Jessica Lorena. Determinación de los contaminantes producto de la combustión del parque automotor a gasolina en la parroquia Eloy Alfaro, ciudad de Latacunga, período 2015 [En línea] (Trabajo de titulación). Universidad Técnica de Cotopaxi, Latacunga, Ecuador. 2016. pp. 3-12. [Consulta: 2022-08-18]. Disponible en: <http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/2687/1/T-UTC-00223.pdf>

Ministerio del Ambiente. *Acuerdo Ministerial 097-A 2015* [en línea]. Ecuador: 2015. [Consulta: 18 octubre 2022]. Disponible en: https://www.gob.ec/sites/default/files/regulations/2018-09/Documento_Registro-Oficial-No-387-04-noviembre-2015_0.pdf

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. *¿Cuáles son las variables y qué factores las afectan?* [en línea]. Argentina: s.f. [Consulta: 18 agosto 2022]. Disponible en: <https://www.argentina.gob.ar/ambiente/fuego/conocemas/variables>

MOREIRA ROMERO, A. “Contaminación del aire en el medio ambiente por las emisiones de gases tóxicos de empresas industriales en Ecuador”. *Polo del Conocimiento* [en línea], 2018, (Ecuador) 3(7), pp. 299-306. [Consulta: 26 agosto 2022]. ISSN 2550-682X. Disponible en: <https://polodelconocimiento.com/ojs/index.php/es/article/view/553/html>

NÚÑEZ, Silvia. *Composición de la atmósfera* [blog]. Ecología Verde. en línea, 8 abril, 2022. [Consulta: 18 agosto 2022]. Disponible en: <https://www.ecologiaverde.com/composicion-de-la-atmosfera-3862.html>

PARRADO HERNÁNDEZ, Camilo Enrique. Desagregación espacial y temporal del inventario de emisiones por fuentes fijas para la ciudad de Villavicencio-Meta (Trabajo de titulación). [En línea] Universidad Santo Tomás. Villavicencio (Colombia). 2019. pp. 14-54 [Consulta: 2023-02-20]. Disponible en: <https://repository.usta.edu.co/handle/11634/21747>

PDOT, 2019. *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de la Provincia de Orellana* [en línea]. Orellana: Gobierno Autónomo Descentralizado de la provincia de Orellana. [Consulta 22 marzo 2023]. Disponible en:

https://www.gporellana.gob.ec/resources/uploads/desarrollo/2020/ORDENANZA-Y-ACTUALIZACION-PDOT_INCLUYE-POST-PANDEMIA-FUSIONADO_compressed.pdf

PDOT, 2020. *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del cantón Francisco de Orellana 2023* [en línea]. Puerto Francisco de Orellana: Municipio de Francisco de Orellana. [Consulta: 13 agosto 2022]. Disponible en:

<https://www.orellana.gob.ec/docs/PDYOT%20/PDYOT%20DOC.pdf>

PEÑA MURILLO, S. “Impacto de la contaminación atmosférica en dos principales ciudades del Ecuador”. *Revista Científica de la Universidad de Cienfuegos* [en línea], 2018, (Ecuador) 10(2). pp. 285-288. [Consulta: 21 agosto 2022]. ISSN 2218-3620. Disponible en:

<http://scielo.sld.cu/pdf/rus/v10n2/2218-3620-rus-10-02-289.pdf>

PÉREZ, India. *La contaminación causada por las gasolineras* [blog]. 2021. [Consulta: 22 septiembre 2022]. Disponible en: <https://www.concienciaeco.com/2021/06/25/la-contaminacion-causada-por-las-gasolineras/>

PORTA, A. *Calidad del aire Monitoreo y modelado de contaminantes atmosféricos. Efectos en la salud pública* [en línea]. Buenos Aires-Argentina: CONICET, 2018. [Consulta: 22 septiembre 2022]. Disponible en:

https://ri.conicet.gov.ar/bitstream/handle/11336/137593/CONICET_Digital_Nro.a32d5a22-f1e5-4d11-88b5-2fb018062534_V.pdf?sequence=5

PRIMAGAS. *GLP (Gas Licuado Del Petróleo)* [en línea]. Barcelona, 2020. [Consulta: 20 agosto 2022]. Disponible en: <https://blog.primagas.es/glp-gas-licuado-del-petroleo>

Protocolo de Kyoto de la convención marco de las Naciones Unidas sobre el cambio climático (*Naciones Unidas*1998)

Reglamento al Código Orgánico del Ambiente - (Decreto Ejecutivo 752, Registro Oficial Suplemento 507 de 12-jun.-2019)

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 del Ecuador, Quito, Ecuador. 2017. pp. 14. [Consulta: 06 de agosto 2022] Disponible en:

<http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/9274/1/T-UCE-0012-22.pdf>

RODRIGUEZ, Carlos. *La quema a cielo abierto de residuos sólidos, una amenaza global* [en línea]. 2021. [Consulta: 29 de agosto 2022] Disponible en: <https://www.residuosprofesional.com/quema-a-cielo-abierto-residuos-amenaza/>

SAEZ QUINLLI, Abigail Janeth. Propuesta de un sistema de señalética turística para el cantón Francisco de Orellana, provincia de Orellana [En línea] (Trabajo de titulación). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador. 2016. pp. 3-40. [Consulta: 2023-03-24]. Disponible en: <http://dspace.epoch.edu.ec/bitstream/123456789/5132/1/63T0012.pdf>

SICAM Ingeniería, 2015. *Actualización del Inventario de Emisiones Atmosféricas de las comunas Concepción Metropolitano, año base 2013* [en línea]. Temuco. [Consulta: 25 octubre 2022]. Disponible en: http://www.cpcbiobio.cl/wp-content/uploads/2016/07/CAPITULO-IV_Fuentes-de-area.pdf

SILENZI, J., ECHEVERRÍA, N., BOUZA, M. y DE LUCÍA, M. “Implicancia de la erosión eólica en la calidad del aire y la salud humana”. *AgroUNS - Departamento de Agronomía de la Universidad Nacional del Sur.* [en línea], 2016, (Argentina) 1(25), pp 5-8. [Consulta: 21 de septiembre 2022]. ISSN 1668-5946. Disponible en: <https://studylib.es/doc/6537215/erosi%C3%B3n-e%C3%B3lica--calidad-del-aire-y-salud-humana>

UNICEF, 2020. *El aire que respiramos* [En línea]. Quito: Julio Awad / LETRA SABIA Servicios Editoriales. [Consulta: 24 de octubre 2022]. Disponible en: https://www.unicef.org/ecuador/media/6611/file/Ecuador_el_aire_que_respiramos.pdf%20.pdf

UNITED NATIONS, 2022. *Objetivos de Desarrollo Sostenible* [En línea]. Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. [Consulta: 19 agosto 2022]. Disponible en: <https://www.undp.org/es/sustainable-development-goals>

U.S.EPA. Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos [en línea]. United State of America: US.EPA, 2020. [Consulta 18 agosto 2022]. Disponible en: <https://www.epa.gov/>

U.S. Environmental Protection Agency. *Calidad del aire interior* [en línea]. United State of America: US.EPA, 2021. [Consulta 18 agosto 2022]. Disponible en: <https://espanol.epa.gov/cai/monoxido-de-carbono>

VILELA, W., ESPINOSA, M. y BRAVO, A. “La contaminación ambiental ocasionada por la minería en la provincia de El Oro” [en línea], 2020, (Ecuador) 1(8), pp. 1 [Consulta: 13 de agosto 2022]. Disponible de: <https://revistas.uasb.edu.ec/index.php/eg/article/view/2437>

VITERI UZCÁTEGUI, María Rafaela. Estimación de las emisiones de compuestos orgánicos volátiles de la vegetación del Ecuador durante el año 2010 [En línea] (Proyecto de titulación).

Universidad San Francisco de Quito, Quito, Ecuador. 2012. pp. 1-93. [Consulta: 2022-08-15].

Disponible de: <https://repositorio.usfq.edu.ec/bitstream/23000/2222/1/106048.pdf>



ANEXOS

ANEXO A: FORMATO DE ENCUESTAS DIGITALES



TEMA DE TESIS: ESTIMACIÓN DE EMISIONES POR FUENTES DE ÁREAS DEL CANTÓN PUERTO FRANCISCO DE ORELLANA EN EL AÑO 2020.

La contaminación del aire es un problema para la salud pública a nivel general ya que gran parte de la población se encuentra en estado de vulnerabilidad, sobre todo en el caso de niños y adultos mayores. El aire del cantón Puerto Francisco de Orellana no ha sido la excepción, ya que las actividades que se ejercen en la localidad generan emisiones atmosféricas y de acuerdo con su nivel desarrollo en los últimos años se han provocado mayores afectaciones.

1) Establezca su edad: *

- 18 a 28
- 28 a 38
- 38 a 48
- 48 a 58
- Mayor a 58

2) Establezca su sexo: *

- Masculino
- Femenino

3) Establezca a que parroquia pertenece: *

- Puerto Francisco de Orellana
- Alejandro Labaka
- Dayuma
- El Dorado
- El Edén
- García Moreno
- Inés Arango
- La Belleza
- Nuevo Paraíso
- San José de Guayusa
- San Luís de Armenia
- Taracoa

4) Según su criterio, ¿La calidad del aire del cantón Puerto Francisco de Orellana es? *

- MUY BUENA
- BUENA
- REGULAR
- MALA
- MUY MALA

5) ¿Con que frecuencia usted se informa sobre la calidad del aire de su localidad? *

- SIEMPRE
- CASI SIEMPRE
- A VECES
- CASI NADA
- NADA

6) ¿Bajo su criterio en qué nivel de contaminación atmosférica se encuentra el cantón Puerto Francisco de Orellana? *

- BAJO NIVEL DE CONTAMINACIÓN
- MEDIANO NIVEL DE CONTAMINACIÓN
- ALTO NIVEL DE CONTAMINACIÓN

7) ¿Qué tipo de contaminación atmosférica conoce? *

- Emisiones por el parque automotor (CO₂, NO₂, etc.)
- Industrias (mecheros, chimeneas, etc.)
- Actividades mineras (canteras, extracción de metales, etc.)
- Rellenos sanitarios o botaderos de basura

8) Seleccione los tipos de contaminantes atmosféricos que usted conoce: *

- PM₁₀, PM_{2.5}
- NO_x, SO_x, CO
- COV, O₃
- NINGUNO

9) Las fuentes de áreas son todas aquellas actividades que en conjunto afectan la calidad del aire. ¿Qué actividades que se realicen en el cantón Puerto Francisco de Orellana considera que pueden ser este tipo de fuente? *

- Actividades mineras
- Uso de GLP (Gas Licuado de Petróleo)
- Estaciones de servicio (Gasolineras)
- Vegetación (Emisiones de COV'S)
- Quema de residuos a cielo abierto
- Incendios forestales
- Erosión eólica

10) Un inventario de emisiones atmosféricas permite conocer la cantidad de fuentes afectadas, los contaminantes que emiten y la cantidad de contaminantes emitidos. ¿Considera que el cantón debe desarrollar su inventario de emisiones? *



- SI
- NO

11) ¿Conoce si en el cantón existen inventarios de emisiones atmosféricas anuales? *

- SI
- NO

Enlace: <https://docs.google.com/forms/d/e/1FAIpQLSdxqE8uj-uMwJopTDLpSSSMKxpLmqvtWGJTjAvg0IEOwC7Vw/closedform>

ANEXO B: FORMATO DE ENCUESTAS FÍSICAS

	<p>ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD CIENCIAS INGENIERÍA AMBIENTAL</p>	
<p>ENCUESTA APLICADA PARA DESARROLLO DE TESIS</p>		
<p>TEMA DE TESIS: ESTIMACIÓN DE EMISIONES POR FUENTES DE ÁREAS DEL CANTÓN PUERTO FRANCISCO DE ORELLANA EN EL AÑO 2020.</p>		
<p><i>La contaminación del aire es un problema para la salud pública a nivel general ya que gran parte de la población se encuentra en estado de vulnerabilidad, sobre todo en el caso de niños y adultos mayores. El aire del cantón Puerto Francisco de Orellana no ha sido la excepción, ya que las actividades que se ejercen en la localidad generan emisiones atmosféricas y de acuerdo con su nivel desarrollo en los últimos años se han provocado mayores afectaciones.</i></p>		
<p>1) Establezca su edad:</p> <ul style="list-style-type: none">• 18 a 28• 28 a 38• 38 a 48• 48 a 58• Mayor a 58 <p>2) Establezca su sexo:</p> <ul style="list-style-type: none">• Masculino• Femenino <p>3) Establezca a que parroquia pertenece:</p> <ul style="list-style-type: none">• Puerto Francisco de Orellana• Alejandro Labaka• Dayuma• El Dorado• El Edén• García Moreno• Inés Arango• La Belleza• Nuevo Paraíso• San José de Guayusa• San Luís de Armenia• Taracoa <p>4) Según su criterio, ¿La calidad del aire del cantón Puerto Francisco de Orellana es?</p> <ul style="list-style-type: none">• MUY BUENA• BUENA• REGULAR• MALA• MUY MALA		



- 5) ¿Con qué frecuencia usted se informa sobre la calidad del aire de su localidad?
- SIEMPRE
 - CASI SIEMPRE
 - A VECES
 - CASI NADA
 - NADA
- 6) ¿Bajo su criterio en qué nivel de contaminación atmosférica se encuentra el cantón Puerto Francisco de Orellana?
- BAJO NIVEL DE CONTAMINACIÓN
 - MEDIANO NIVEL DE CONTAMINACIÓN
 - ALTO NIVEL DE CONTAMINACIÓN
- 7) ¿Qué tipos de contaminación atmosférica conoce?
- Emisiones por el parque automotor (CO₂, NO₂, etc.)
 - Industrias (mecheros, chimeneas, etc.)
 - Actividades mineras (canteras, extracción de metales, etc.)
 - Rellenos sanitarios o botaderos de basura
- 8) Seleccione los tipos de contaminantes atmosféricos que usted conoce.
- PM₁₀, PM_{2.5}
 - NO_x, SO_x, CO
 - COVs, O₃
 - Ninguno
- 9) Las fuentes de áreas son todas aquellas actividades que en conjunto afectan la calidad del aire. ¿Qué actividades que se realicen en el cantón Puerto Francisco de Orellana considera que pueden ser este tipo de fuente?
- Actividades mineras
 - Uso de GLP (Gas Licuado de Petróleo)
 - Estaciones de servicio (Gasolineras)
 - Vegetación (Emisiones de COVs)
 - Quema de residuos a cielo abierto
 - Incendios forestales
 - Erosión eólica
- 10) Un inventario de emisiones atmosféricas permite conocer la cantidad de fuentes afectadas, los contaminantes que emiten y la cantidad de contaminantes emitidos. ¿Considera que el cantón debe desarrollar su inventario de emisiones?
- SI
 - NO
- 11) ¿Conoce si en el cantón existen inventarios de emisiones atmosféricas anuales?
- SI
 - NO

ANEXO C: REGISTRO FOTOGRÁFICO DE LAS ENCUESTAS APLICADAS EN CAMPO



ANEXO D: REGISTRO FOTOGRÁFICO DE VISITAS EN CAMPO DE LAS FUENTES INVESTIGADAS

Anexo D1: FINCAS AGRÍCOLAS DEL SECTOR





Anexo D2: VENTA DE GLP



Anexo D3: VENTA DE COMBUSTIBLE EN ESTACIONES DE SERVICIO



Anexo D4: EXTRACCIÓN DEL MATERIAL DE CONSTRUCCIÓN



ANEXO E: FACTORES DE EMISIÓN PARA LAS FUENTES DE ÁREA

Tabla E1: Factores de emisión de los contaminantes para la quema de residuos agrícolas

Contaminante	Factor de emisión (kg/Mg)
CO	62,88
NO _x	4,99
SO _x	0,19
PM ₁₀	4,89
PM _{2,5}	4,61

Fuente: EMEP/EEA, 2020

Tabla E2: Factores de emisión de los contaminantes por uso de GLP

Uso	Contaminante	Factor de emisión (g/kg)
Industrial	CO	0,75
	NO _x	4,45
	SO ₂	0
	PM ₁₀	0,25
	PM _{2,5}	0,25
Doméstico	CO	0,51
	NO _x	3,25
	SO ₂	0
	PM ₁₀	0,22
	PM _{2,5}	0,22

Fuente: US.EPA, 2016

Tabla E3: Factor de emisión de COV en procesos de operación en las estaciones de servicio

Contaminante	Operaciones de carga de estanques de vehículos	Factor de emisión (mg/L)
--------------	--	--------------------------

COV	Pérdidas de desplazamiento (displacement losses)	1320
	Derrames (spillages)	80
	Total	1400

Fuente: US.EPA, 2016

Tabla E4: Factores de emisión de minas y canteras

Contaminante	Factor de emisión (g/Mg)
TSP	102
PM ₁₀	50
PM _{2.5}	5

Fuente: EMEP/EEA, 2020

Tabla E5: Factores de emisión para fuentes biogénicas (Vegetación)

Categoría	Factor de emisión (g/Mg)		
	Isoprenos	Monoterpenos	OCOV
Bosque Natural	6,5	1,52	0
Arboricultura Tropical	0	0	1,5
Cacao	0	0	1,5
Cultivos de ciclo corto	0	0,472	1,5
Frutales	0	1,8	1,5
Palma Africana	172,9	0	1,5
Pasto Natural	0,1	0,3	0,2
Pasto Cultivado	0	0	1,5
Vegetación Arbustiva	0	0	1,5
Humedal	NI	NI	NI
Bosque Intervenido	0	0	1,5

Fuente: Flores y Flores, 2007.

Nota: No identificada (NI)

ANEXO F: OFICIOS CONTESTADOS POR ENTES GUBERNAMENTALES

Anexo F1: Servicio Nacional de Gestión de Riesgos y Emergencias



Servicio Nacional de Gestión
de Riesgos y Emergencias

Oficio Nro. SNGRE-CZ2GR-2022-0512-O

Puerto Francisco de Orellana, 23 de septiembre de 2022

Asunto: Información de Incendios Forestales y quema de residuos.

Srta Solicitante
karen Betzabe Ocampo Salazar
En su Despacho

En atención al Oficio SN de fecha 09 de septiembre del 2022, emitida por la Srta. Karen Bethzabe Ocampo Salazar con C.I. 175416306-9, alumna de la carrera de Ingeniería Ambiental de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo-Matriz detallamos los siguiente:

• **Reporte y detalle de los incendios forestales suscitados en el año 2020 del cantón.**

Durante el 2020 esta institución **no registró incendios** forestales en el cantón Francisco de Orellana. Adjuntamos el informe de situación de incendios de la provincia desde el 2015 al 2022.

• **Reporte y detalle de la quema de residuos que se han suscitado en el año 2020 del cantón.**

La Unidad de Monitoreo de esta Coordinación hace seguimiento de los eventos peligrosos que están dentro del Catálogo de eventos del SNGRE, por lo tanto no se monitorean quemas de residuos. Adjunto el Catálogo.


• **En caso de no haber información referente, se solicita un respaldo que detalle las condiciones por las que no se han suscitado ya que la información brindada será justificante en el proceso de tesis.**

La Coordinación Zonal 2 del SNGRE no ha determinado las condiciones que han provocado que no exista estos eventos de tipo antrópico durante el 2020, sin embargo recomendamos considerar las características climáticas de la amazonia de acuerdo al informe que adjunto INICIO Y FIN DE LA ÉPOCA SECA Y LLUVIOSA CON 156 ESTACIONES HIDROMETEOROLÓGICAS DEL ECUADOR, emitido por INAMHI en el 2020.


Saludos Cordiales.

Atentamente,

Anexo F2: Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología

 servicio al. usuario <servicio@**inamhi**.gob.ec>
Para: KAREN BETZABE OCAMPO SALAZAR; ROSA ANGELICA CASTILLO CEVALLOS

😊 ↶ ↷ ⋮
Jue 27/10/2022 10:13

 DATOS - ESPOCH.rar
6 KB

Estimadas Usuarías

Envío lo indicado en atención a su requerimiento

Favor dar acuso de recibido.

Buenos Días.

ENCUESTAS
Reciba un cordial y atento saludo de quienes conformamos el Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología **INAMHI**; en busca del mejoramiento continuo y con el fin de optimizar los productos y servicios que brinda la institución solicita a usted llenar la siguiente encuesta:

<https://forms.gle/gDSpi6t2B7z1RHXE8>

Dicha información nos servirá para un mejoramiento sustancial en los trámites que realiza el **INAMHI**. Hacia la ciudadanía
Cualquier inquietud con gusto será atendida.

Freddy Mejía

ATENCIÓN AL USUARIO

Dirección de Información Hidrometeorológica

- Nuñez de Vela N36-15 y Corea
- Telf.: + (593 2) 397 1100 • Ext. 2031

https://es.sonicurlprotection-mia.com/click?PV=2&MSGID=202210271613250044869&URLID=1&ESV=10.0.19.7431&IV=05C27A50D3EE10499D4933B04825E584&TT=1666887206147&ESN=IKGZQXCPRAMXae7w3vc1ZRaNdTEiEMslotWpBZIDTrU%3D&KV=1536961729280&B64_ENCODED_URL=d3d3LnNlcnZpY2lvbWV0ZW9yb2xvZ2ljb25nb2IuZWm&HK=5D427F901FB85C6AA4EFB493A98ED7F1750D5BC37AD97DEB169778A4CBFD9995

Quito – Ecuador

Anexo F3: Agencia de Regulación y Control de Energía y Recursos Naturales no Renovables



GUILLERMO LASSO
PRESIDENTE

Oficio Nro. ARCERNNR-CZO-2022-0900-OF

Francisco De Orellana, 25 de septiembre de 2022

Asunto: TRAM. Com: Atención a la comunicación S/N. Solicitud de información para desarrollo de Tesis de la señorita Karen Bethzabe Ocampo Salazar estudiante de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Srta Solicitante
karen Bethzabe Ocampo Salazar
Estudiante Tesista
ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO - ESPOCH
En su Despacho

De mi consideración:

En atención a la comunicación Nro. S/N, ingresado mediante trámite Nro. **ARCERNNR-CZO-2022-0850-EX**, ingresado a la Coordinación Zonal Orellana, en el cual la señorita Karen Bethzabe Ocampo Salazar, en calidad de **Estudiante de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo ESPOCH**, solicita "(...) Se me conceda la documentación que se describe a continuación, misma que permitirá continuar el desarrollo de Tesis, aplicada a la calidad del aire del cantón y el desarrollo del inventario de emisiones del año 2020. Documentos solicitados:

- Reporte anual correspondiente al año 2020 de uso de GLP, Estaciones de Servicio y Actividades Mineras del cantón Puerto Francisco de Orellana.
- Detalle y volumen comercializado de GLP en el año 2020 del cantón.
- Detalle y volumen del material extraído de Minas y canteras en el año 2020 del cantón.
- Detalle de las estaciones de servicio y el volumen de combustible comercializado en el año 2020 del cantón (...).")

La Coordinación Zonal Orellana toma conocimiento de lo solicitado por la señorita estudiante Karen Bethzabe Ocampo Salazar e informa que todo requerimiento de información concerniente a las actividades, atribuciones y responsabilidades de la ARCERNNR que se realiza en campo e información disponible, tiene que ser requerido de manera oficial por parte de la Institución Educativa que solicita, dirigido a la Dirección Ejecutiva o a la Coordinación General Administrativa Financiera de la Agencia de Regulación y Control de Energía y Recursos Naturales no Renovables ubicada en Av. Naciones Unidas E 7-71 y Av. De los Shyris, Código Postal: 170506 / Quito-Ecuador. Teléfono: +593-2 226 8744.

Particular que se comunica para fines pertinentes.

Con sentimientos de distinguida consideración.

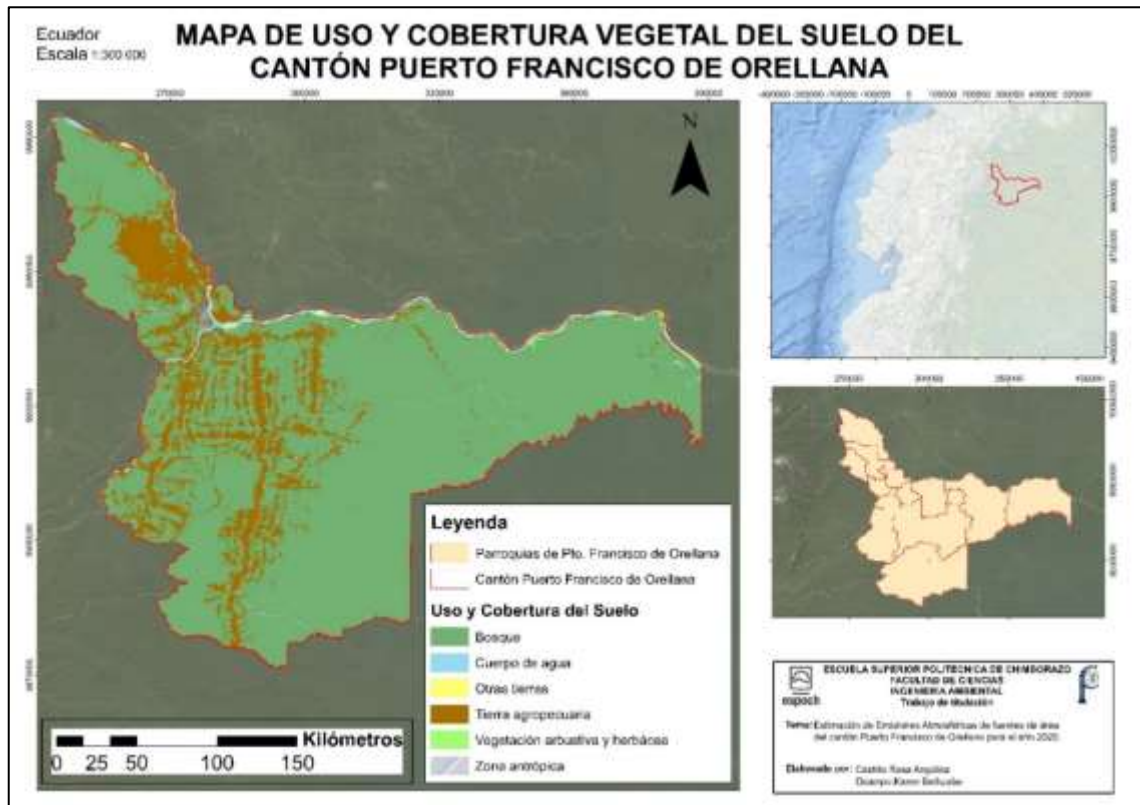
"Suscribo el presente Oficio en virtud de la Delegación otorgada mediante Resolución Nro. ARCERNNR-ARCERNNR-2020-0001-RES de 07 de julio de 2020, por el Director Ejecutivo de la Agencia de Regulación y Control de Energía y Recursos Naturales no Renovables."

Agencia de Regulación y Control de Energía y
Recursos Naturales no Renovables

Dirección: Avenida Naciones Unidas E 7-71 y Avenida de Los Shyris.
Código postal: 170506 / Quito-Ecuador. Teléfono: +593-2 226 8744
www.controlrecursosenergia.gob.ec



ANEXO G: MAPA DE USO Y COBERTURA VEGETAL DEL SUELO



ANEXO H: MAPA DE MINERÍA



ANEXO I: INFORMACIÓN DE ORGANIZACIONES GUBERNAMENTALES

Anexo II: Matriz de datos de las fincas agrícolas

No.	AÑO	MES	APELLIDOS Y NOMBRE DEL BENEFICIARIO	ID	CORREO FINCA (Escribirlo)	CANTÓN	PARRQUERA	COMUNIDAD	COORDENADAS X	COORDENADAS Y	MANEJO DE REFINANCIOS	USO AGROPECUARIO
1	2020	ENERO	OSWALDO GARCIA RAFAEL OLIVERA	130003007	220300091107003	FCO. DE BELLAZA	LA BELLEZA	PALMA ROSA	044906	9930813	NO	CAFÉ ESTABLECIMIENTO
2	2020	ENERO	ALVARADO OSWALDO FREDY ROSARIO	130000030	220300091114003	FCO. DE BELLAZA	LA BELLEZA	PALMA ROSA	043300	9930913	NO	CAGAO MANTENIMIENTO
3	2020	ENERO	ADRY ALVARADO PÉREZ ENRIQUE	130011001	220300091106330	FCO. DE BELLAZA	SAN LUIS DE ARREBA	PALMA ROSA	043475	9931100	NO	CAGAO ESTABLECIMIENTO
4	2020	ENERO	ISBEA GONZA VICENTE SANTIAGO	130010015	220300091107200	FCO. DE BELLAZA	SAN LUIS DE ARREBA	PALMA ROSA	044900	9930736	NO	CAGAO ESTABLECIMIENTO
5	2020	ENERO	FARRAS ADRY ROSA ISABEL	130000019	220300091127003	FCO. DE BELLAZA	LA BELLEZA	PALMA ROSA	040375	9931100	NO	CAGAO ESTABLECIMIENTO
6	2020	ENERO	GANTANABIA ESTHER GUEA FLOR	130000020	220301000070000	FCO. DE BELLAZA	DATONA	NOBRESO BONGA	000101	9932020	NO	CAGAO ESTABLECIMIENTO
7	2020	ENERO	LAFLANES ANALEMA ANDRÉS ENRIQUE	130057003	220300091100007	FCO. DE BELLAZA	TARACCA	HEVIA HERRERO	000142	9930941	NO	CAGAO ESTABLECIMIENTO
8	2020	ENERO	HERO VILLAVIEJO MARCELO PEDRO	130000700	220301000070000	FCO. DE BELLAZA	DATONA	SAN GREGORIO	000900	9930900	NO	CAGAO MANTENIMIENTO
9	2020	ENERO	HELA VILLAVIEJO BARRY ANSEL	130000003	220301000070000	FCO. DE BELLAZA	DATONA	SAN GREGORIO	000000	9931100	NO	CAGAO MANTENIMIENTO
10	2020	ENERO	HERNANDEZ LAMPADA GONZALO ROSE	00039945	220300091127003	FCO. DE BELLAZA	NOBRESO PARASO	13 DE ABRIL			NO	CAGAO ESTABLECIMIENTO
11	2020	ENERO	EREA FERRAZO GIOVANNI CARLA	130072004	220300091127003	FCO. DE BELLAZA	LA BELLEZA	PALMA ROSA			NO	CAGAO MANTENIMIENTO
12	2020	ENERO	CRISTO ALVARADO VICENTE BATOLÓ	130013003	220300091107200	FCO. DE BELLAZA	LA BELLEZA	PALMA ROSA			NO	CAGAO MANTENIMIENTO
13	2020	ENERO	DELCADO BONTE RAMONA TRINDAD	000000044	220300091100007	FCO. DE BELLAZA	TARACCA	HEVIA HERRERO	299000	9930021	NO	CAFÉ MANTENIMIENTO
14	2020	ENERO	EMENDE EMENDE ARI ADRIANO	171222700	220300091100007	FCO. DE BELLAZA	TARACCA	HEVIA HERRERO	003200	9930000	NO	CAGAO ESTABLECIMIENTO
15	2020	ENERO	LOPEZ HERRERO LINDA	00110003	220300091100007	FCO. DE BELLAZA	NOBRESO PARASO	13 DE ABRIL	000000	9930000	NO	CAGAO MANTENIMIENTO
16	2020	ENERO	CHIFFAZO BARRERA LINDA MARA	130000000	220301000070000	FCO. DE BELLAZA	DATONA	8 DE ABRIL	001000	9931100	NO	CAGAO MANTENIMIENTO
17	2020	ENERO	DAVILA GARCIGUANO TANA MARCELO	130000000	220301000070000	FCO. DE BELLAZA	DATONA	8 DE ABRIL	001000	9931100	NO	CAGAO ESTABLECIMIENTO
18	2020	ENERO	TAPIE MAMALACTA ALBERTO ESTEBAN	130007000	220301000070000	FCO. DE BELLAZA	LUIS DE ARDENAN	PATAMONA	270000	9930000	NO	CAGAO ESTABLECIMIENTO
19	2020	ENERO	DELCADO ALVARADO JUAN MARCELO	100007000	220300091100007	FCO. DE BELLAZA	TARACCA	PANDEVA ESCUELA	000100	9930000	NO	CAFÉ MANTENIMIENTO
20	2020	ENERO	VIEGA SORCIA VICTOR ANTONIO	170011000	220300091100007	FCO. DE BELLAZA	TARACCA	HEVIA HERRERO	000000	9930000	NO	CAGAO ESTABLECIMIENTO
21	2020	ENERO	ATENCIA CRISTINA DANIELA	170110000	220300091100007	FCO. DE BELLAZA	TARACCA	HEVIA DE LOS RIOS	000700	9930000	NO	CAGAO ESTABLECIMIENTO
22	2020	ENERO	DELCADO RAFAEL FABIÁN	130000000	220300091100007	FCO. DE BELLAZA	GARCIA MORENO	HEVIA RAYONA	077000	9930000	NO	CAGAO MANTENIMIENTO
23	2020	ENERO	DELCADO OSWALDO MARTIN MARCELO	130000000	220300091100007	FCO. DE BELLAZA	TARACCA	PANDEVA ESCUELA	007000	9930000	NO	CAGAO ESTABLECIMIENTO
24	2020	ENERO	PURAZANCHA TUXIPE LERY DIANA	110000700	220300091100007	FCO. DE BELLAZA	TARACCA	PERLA DE LOS RIOS	000000	9930000	NO	CAGAO ESTABLECIMIENTO
25	2020	ENERO	SAGANCHA SANCHEZ CRISTINA	000000000	220301000070000	FCO. DE BELLAZA	TARACCA	PERLA DE LOS RIOS	000000	9930000	NO	CAGAO ESTABLECIMIENTO
26	2020	ENERO	DELCADO ENRIQUE OSWALDO WILSON	000100000	220300091100007	FCO. DE BELLAZA	TARACCA	HEVIA HERRERO	003000	9930000	NO	CAGAO MANTENIMIENTO
27	2020	ENERO	MARABETTES DELGADO JOSE ENRIQUE	130100000	220300091100007	FCO. DE BELLAZA	TARACCA	HEVIA HERRERO	290000	9930000	NO	CAGAO ESTABLECIMIENTO
28	2020	ENERO	LOPEZ MORENO MARIA MARCELO	000000000	220300091100007	FCO. DE BELLAZA	TARACCA	HEVIA HERRERO	000000	9930000	NO	CAGAO ESTABLECIMIENTO
29	2020	ENERO	PEREZ ENRIQUE FRANKLIN ESTEBAN	130000000	220300091100007	FCO. DE BELLAZA	TARACCA	HEVIA HERRERO	000000	9930000	NO	CAGAO ESTABLECIMIENTO
30	2020	ENERO	DOCCORROS LARA LESLIE DIANA	130000000	220300091100007	FCO. DE BELLAZA	TARACCA	PANDEVA ESCUELA	000000	9930000	NO	CAFÉ MANTENIMIENTO
31	2020	ENERO	LOPEZ ERAY DIAN MARCELO	171200000	220300091100007	FCO. DE BELLAZA	TARACCA	PERLA DE LOS RIOS	000100	9930000	NO	CAGAO ESTABLECIMIENTO
32	2020	ENERO	MALCANTO SANCHEZ WILSON ROBERTO	000000000	220300091100007	FCO. DE BELLAZA	TARACCA	HEVIA HERRERO	000000	9930000	NO	CAFÉ MANTENIMIENTO
33	2020	ENERO	MAMALACTA TARY LUIS ENRIQUE	130000000	220301000070000	FCO. DE BELLAZA	LUIS DE ARDENAN	ALTO MANDORRO	000000	9930000	NO	CAFÉ MANTENIMIENTO
34	2020	SEPTIEMBRE	EREA MAMALACTA ANA FABIÁN	130000000	220301000070000	FCO. DE BELLAZA	SAN LUIS DE ARREBA	VENTO RAYONAN	007000	9930000	NO	CAGAO MANTENIMIENTO
35	2020	SEPTIEMBRE	DELCADO ANA CLIC OSWALDO	130000000	220301000070000	FCO. DE BELLAZA	SAN LUIS DE ARREBA	ESTRELLA TAPU	003000	9930000	NO	CAGAO MANTENIMIENTO
36	2020	SEPTIEMBRE	DELCADO GAYLAMES WILSON	130000000	220300091100007	FCO. DE BELLAZA	ALTO DE BELLA	LAS CAYAS	070000	9930000	NO	MANTENIMIENTO DE FALSA
37	2020	SEPTIEMBRE	PUMBO ALVARADO PUMBO	130000000	220300091100007	FCO. DE BELLAZA	ALTO DE BELLA	LUMBECHA	001100	9930000	NO	CAFÉ MANTENIMIENTO
38	2020	SEPTIEMBRE	EREA TANGARA LOPE LUIS	130000000	220300091100007	FCO. DE BELLAZA	SAN LUIS DE ARREBA	LUMBECHA	004200	9930000	NO	CAFÉ MANTENIMIENTO
39	2020	OCTUBRE	BARRERA SITA MELBA ANTONIO	130100000	220300091100007	FCO. DE BELLAZA	TARACCA	HEVIA HERRERO	299000	9930000	NO	CAGAO ESTABLECIMIENTO
40	2020	OCTUBRE	EMENDE CRISTINA ALEXANDRA	130000000	220300091100007	FCO. DE BELLAZA	TARACCA	HEVIA HERRERO	299000	9930000	NO	CAGAO MANTENIMIENTO
41	2020	OCTUBRE	FERRAZO VICTOR FRANKLIN JOSE	130000000	220300091100007	FCO. DE BELLAZA	NOBRESO PARASO	BOY PUMBO	003500	9930000	NO	CAGAO MANTENIMIENTO
42	2020	OCTUBRE	FERRAZO VICTOR FRANKLIN JOSE	130000000	220300091100007	FCO. DE BELLAZA	NOBRESO PARASO	KRI PUMBO	004000	9930000	NO	CAGAO MANTENIMIENTO
43	2020	OCTUBRE	DEVALLES GONZALEZ TUXIPE ENRIQUE	130000000	220300091100007	FCO. DE BELLAZA	DATONA	8 DE ABRIL	004000	9930000	NO	CAGAO ESTABLECIMIENTO
44	2020	OCTUBRE	GARCIA BARRERA JOSE ENRIQUE	130000000	220300091100007	FCO. DE BELLAZA	DATONA	8 DE ABRIL	004000	9930000	NO	CAGAO ESTABLECIMIENTO
45	2020	OCTUBRE	HERNANDEZ ENRIQUE BLANCA ENRIQUE	130000000	220301000070000	FCO. DE BELLAZA	LUIS DE ARDENAN	SARAJI	271000	9930000	NO	MANTENIMIENTO DE CAGAO
46	2020	OCTUBRE	HERNANDEZ ANA ROSA MARA	130000000	220301000070000	FCO. DE BELLAZA	LUIS DE ARDENAN	SARAJI	271000	9930000	NO	CAGAO MANTENIMIENTO
47	2020	OCTUBRE	FERRAZO SANCHEZ MARCELO MARCELO	000000000	220301000070000	FCO. DE BELLAZA	LUIS DE ARDENAN	SARAJI	271000	9930000	NO	CAGAO MANTENIMIENTO
48	2020	OCTUBRE	BARRAZO ROSA BETTY MARCELO	130000000	220300091100007	FCO. DE BELLAZA	DATONA	8 DE ABRIL	005000	9930000	NO	CAFÉ ESTABLECIMIENTO

Fuente: MAGAP, 2020.

Anexo I2: Volumen de combustible despachados del cantón Puerto Francisco de Orellana

VOLUMEN DE COMBUSTIBLE DESPACHADO DESDE LOS TERMINALES DE PRODUCTOS LIMPIOS DE EP PETROECUADOR

SEGMENTO	AUTOMOTRIZ
AÑO	2020
PROVINCIA	ORELLANA
CANTON	FRANCISCO DE ORELLANA

PRODUCTO	UNIDAD	TERMINAL DE DESPACHO	CLIENTE	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
DIESEL 2	GALONES	TERM. EL BEATERIO	GASOLINERA AMAZONAS					40 000							
DIESEL 2	GALONES	TERM. EL BEATERIO	GASOLINERA RIO COCA				10 000	98 000							
DIESEL 2	GALONES	TERM. EL BEATERIO	TIERRA COLORADA					9 900							
DIESEL 2	GALONES	TERMINAL AMBATO	GASOLINERA RIO COCA					20 000							
DIESEL 2	GALONES	TERMINAL AMBATO	TIERRA COLORADA					39 800							
DIESEL 2	GALONES	TERMINAL SHUSHUFINDI	GASOLINERA AMAZONAS	124 000	135 500	101 500	45 000	20 000	72 000	66 000	82 500	102 500	96 000	100 000	105 500
DIESEL 2	GALONES	TERMINAL SHUSHUFINDI	GASOLINERA RIO COCA	270 000	280 000	228 000	112 000	40 000	188 000	172 000	187 000	208 000	248 000	230 000	236 000
DIESEL 2	GALONES	TERMINAL SHUSHUFINDI	TIERRA COLORADA	59 000	58 900	47 100	23 600	5 900	51 100	43 300	49 100	47 300	43 300	47 400	48 100
DIESEL PREMIUM	GALONES	TERM. EL BEATERIO	GASOLINERA RIO COCA	10 000											
GASOLINA EXTRA	GALONES	TERMINAL SHUSHUFINDI	GASOLINERA AMAZONAS	196 000	188 500	144 500	95 000	120 000	150 000	164 000	177 500	197 500	214 000	200 000	214 500
GASOLINA EXTRA	GALONES	TERMINAL SHUSHUFINDI	GASOLINERA RIO COCA	140 000	134 000	96 000	48 000	76 000	92 000	112 000	120 000	128 000	144 000	138 000	146 000
GASOLINA EXTRA	GALONES	TERMINAL SHUSHUFINDI	TIERRA COLORADA	41 000	43 000	41 100	15 600	25 900	37 100	39 700	39 100	39 100	33 300	47 000	50 100
GASOLINA SUPER	GALONES	TERM. EL BEATERIO	GASOLINERA AMAZONAS	4 000	4 000	4 000			2 000	2 000	4 000	4 000	6 000	6 000	6 000
GASOLINA SUPER	GALONES	TERM. EL BEATERIO	GASOLINERA RIO COCA	6 000	4 000	2 000	2 000	2 000	2 000	8 000	2 000	4 000	6 000	4 000	8 000
Total general				850 000	847 900	664 200	351 200	477 100	594 200	605 000	661 200	730 300	790 600	772 400	814 200

Fuente: EP Petroecuador, 2020.

Anexo I3: Ventas de GLP del cantón Puerto Francisco de Orellana

VENTAS DE GLP REPORTADAS POR LAS COMERCIALIZADORAS

AÑO	2020
PROVINCIA	ORELLANA
CANTÓN	FRANCISCO DE ORELLANA

MES	TOTAL DOMÉSTICO Kg	TOTAL INDUSTRIAL Kg
ENERO	589.485	4.065
FEBRERO	564.525	4.528
MARZO	654.150	3.960
ABRIL	550.650	1.070
MAYO	593.505	2.879
JUNIO	581.580	495
JULIO	614.445	1.244
AGOSTO	620.445	900
SEPTIEMBRE	611.730	1.888
OCTUBRE	622.905	2.205
NOVIEMBRE	623.835	3.812
DICIEMBRE	651.030	2.138
Total general	7.278.285	29.184

Fuente: Comercializadoras de GLP, 2020.

Anexo I4: Datos meteorológicos de la zona de estudio

S E R I E S M E N S U A L E S D E D A T O S M E T E O R O L O G I C O S							
NOMBRE: SACHA-INIAP				CODIGO: M1269			
PERIODO: 2015 - 2022 LATITUD: 06 20' 24.9"S				LONGITUD: 766 52' 27.8"W			
ELEVACION: 218.00							
AÑOS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL
AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	SUMA	MEDIA	
2015					11	25	25
40	58	42	41	31			
2016	49	15	21	25	31	29	25
35	37	30	47	37	381	31	
2017	26	30	25	28	35	32	29
49	41	38	36	43	412	34	
media	37	22	23	26	25	28	26
41	45	36	41	37	391	32	
minima	26	15	21	25	11	25	25
35	37	30	36	31		11	
maxima	49	30	25	28	35	32	29
49	58	42	47	43		58	⬆
INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA E HIDROLOGIA							
Viento-Dirección Predominante -Velocidad 13H(m/s)						26/10/2022	
S E R I E S M E N S U A L E S D E D A T O S M E T E O R O L O G I C O S							
NOMBRE: PACTO SUMACO				CODIGO: M5011			
PERIODO: 2015 - 2022 LATITUD: 06 40' 7" S				LONGITUD: 776 35' 44" W			
ELEVACION: 0.00							
AÑOS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL
AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	SUMA	MEDIA	
INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA E HIDROLOGIA							



epoch

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: 08/08/2023

INFORMACIÓN DE LAS AUTORAS
Nombres – Apellidos: Rosa Angélica Castillo Cevallos Karen Betzabe Ocampo Salazar
INFORMACIÓN INSTITUCIONAL
Facultad: Ciencias
Carrera: Ingeniería Ambiental
Título a optar: Ingeniera Ambiental
f. Analista de Biblioteca responsable: Ing. Rafael Inty Salto Hidalgo

1441-DBRA-UPT-2023

