



**UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO**  
**UNIDAD DE POSGRADO**  
**MAESTRÍA EN GESTIÓN AMBIENTAL**

Proyecto de investigación previa la  
obtención del Grado Académico de  
Magíster en Gestión Ambiental.

**TEMA**

**DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DEL AZUFRE EN LA ATMÓSFERA EN ZONAS  
ALEDAÑAS A LA REFINERÍA DE ESMERALDAS, A PARTIR DE  
MUESTREADORES PASIVOS. PERIODO 2018-2019.**

**AUTOR**

**ING. CARLOS JARELL BENITEZ QUINTERO**

**DIRECTORA**

**Dra. OLGA QUEVEDO PINOS., Mgs.**

**QUEVEDO – ECUADOR**

**2019**



## **CERTIFICACIÓN**

Dra. Olga Quevedo Pinos., Directora del Proyecto de investigación previo a la obtención del Grado Académico de Magister en Gestión Ambiental.

## **CERTIFICA**

Que el señor Ing. **BENÍTEZ QUINTERO CARLOS JARELL**, ha cumplido con la elaboración del proyecto de Investigación titulado: “**DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DEL AZUFRE EN LA ATMÓSFERA EN ZONAS ALEDAÑAS A LA REFINERÍA DE ESMERALDAS, A PARTIR DE MUESTREADORES PASIVOS. PERIODO 2018-2019**”, el mismo que se encuentra apto para la presentación respectiva.

Quevedo 3 de julio, 2019.

Quevedo Pinos Olga

**DIRECTORA**

## **AUTORÍA**

Yo, ING. BENITEZ QUINTERO CARLOS JARELL, autor del Proyecto de investigación denominado “**DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DEL AZUFRE EN LA ATMÓSFERA EN ZONAS ALEDAÑAS A LA REFINERÍA DE ESMERALDAS, A PARTIR DE MUESTREADORES PASIVOS. PERIODO 2018-2019**”, declaro que los datos contenidos en el mismo, son de mi exclusiva responsabilidad y autoría.

Quevedo 3 de julio, 2019.

**Ing. Benítez Quintero Carlos Jarell**

## **DEDICATORIA**

Dedico este trabajo de grado primeramente a Dios, quien es el que ilumina y guía mi camino.

Para mi abuela que desde el cielo está dándome fuerzas para que cumplas con mis objetivos, y sea una mejor persona cada día.

A mi madre puntal principal en mi vida quien es mi motivación y ejemplo de superación.

A mi tía, a mi papá de crianza, a mis primos que son mis hermanos, a ellos que siempre han estado allí apoyándome y aportando con su granito de arena.

A todos muchas gracias de corazón.

## **AGRADECIMIENTO**

En primer lugar, deseo expresar mi agradecimiento a Dios, a la Dra. Olga Quevedo Directora de éste proyecto, por su paciencia, por el respeto a mis ideas, y sobre todo por su incondicional ayuda.

A mi mamá, porque sin su apoyo este trabajo nunca se habría escrito y, por eso este logro es también de ella.

Gracias a mi familia que me han prestado su apoyo y colaboración en los momentos difíciles.

Porque un trabajo de investigación es siempre fruto de ideas, esfuerzo y apoyo de familiares y amigos. A todos ellos, muchas gracias.

## PRÓLOGO

Es una satisfacción presentar este documento de investigación, elaborado por un estudiante de posgrado de la Universidad Estatal de Quevedo, previa a la obtención del Grado Académico de Magíster en Gestión Ambiental, donde se presentan resultados de un período de estudio obtenidos en la estación seca de 2018 (noviembre y diciembre) y estación húmeda de 2019 (enero y febrero) que tuvo como objetivo evaluar la distribución espacial del azufre en la atmósfera, en zonas aledañas a la refinería Estatal de Esmeraldas a partir muestreadores pasivos.

Estoy seguro que el conocimiento generado en este documento será un valioso aporte para la gestión y administración ambiental, orientada al manejo sustentable y responsable y a la conservación del medio y atmosfera. Igualmente, estoy seguro que esta investigación se constituirá en una herramienta de trabajo para investigadores, observadores científicos, estudiantes, y todas aquellas personas vinculadas con las diferentes actividades que se desarrollan en sitios donde se observa contaminación emanada por Refinerías de petróleo, termoeléctricas, industria naviera, parque automotor, entre otras.

No me queda más que agradecer al autor que ha participado activamente en este documento científico plasmado en estas páginas, que sin duda inspirara nuevas investigaciones y nuevos conocimientos.



**Dr. Willan Revelo Ramírez, Mgs.**  
**Instituto Nacional de Pesca**  
**wrevelo1965@gmail.com**

## RESUMEN

La investigación se realizó en la ciudad de Esmeraldas, en las localidades; Las Acacias, Julio Estupiñan, 15 de Marzo, ubicadas al sur de la ciudad, así como en Margarita Cortez ubicada en el centro, donde se determinaron concentraciones de azufre como precursor de SO<sub>2</sub>, colocándose 4 muestreadores pasivos durante noviembre y diciembre/2018 (estación seca); enero y febrero/2019 (estación húmeda), cuyo objetivo general fue evaluar la distribución espacial del azufre en la atmósfera, en zonas aledañas a la refinería Estatal de Esmeraldas. La distribución espacial de los flujos de azufre (S) en kg ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup> se realizaron con los softwares ArcGIS 10.2 y Google Earth 2018, y la gráfica de los vientos mensuales en la zona de estudio se generó con el software WRPLOT View. Las concentraciones de azufre obtenidos en los 4 puntos de muestreo en la estación seca (noviembre y diciembre/2018) y estación húmeda (enero y febrero/2019), siendo estas concentraciones altas con valores de 5,060 y 5,294 kg S ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup> en el Barrio 15 de marzo (estación seca y lluviosa) por la velocidad de los vientos que disminuyen considerablemente en la estación húmeda, generándose una acumulación de contaminantes, puesto que la precipitación acumulada en diciembre fue de 55 mm y enero 148,3 mm mayores a noviembre/2018 que es de 11,7 mm., observándose valores bajos de azufre en enero/2019 (0,375 kg S ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>) y febrero/2019 (0,609 kg S ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>) en el Barrio Margarita Cortez. Por lo tanto, en el corto plazo se deberá implementar una red de monitoreo para la ciudad y Provincia de Esmeraldas, para estimar los flujos de Azufre, así como su distribución espacial.

**Palabras clave:** Muestreadores pasivos, dióxido de azufre, refinería de Esmeraldas.

## ABSTRACT

The investigation was carried out in the city of Esmeraldas, in the localities; Las Acacias, Julio Estupiñan, March 15, located to the south of the city, as well as Margarita Cortez located in the center, where concentrations of sulfur were determined as a precursor of SO<sub>2</sub>, in the areas surrounding Esmeraldas Refinery, placing 10 samplers liabilities during November and December / 2018 (dry season); January and February / 2019 (wet season), whose general objective was to evaluate the spatial distribution of sulfur in the atmosphere, in areas surrounding the Esmeraldas State refinery from passive samplers. The spatial distribution of the monthly concentrations of sulfur (S) in kg ha<sup>-1</sup> year<sup>-1</sup> were made with the programs of ArcGIS 10.2 and Google Earth 2018, and the representation of the monthly winds in the study area were made through the program WRPLOT View. The sulfur concentrations obtained in the 4 sampling points in the dry season (November and December / 2018) and wet season (January and February / 2019), these concentrations being high with values of 5,060 and 5,294 kg S ha<sup>-1</sup> year<sup>-1</sup> in the Barrio 15 of march (dry and rainy season) due to the speed of the winds that decrease considerably in the wet season, generating an accumulation of pollutants, since the accumulated precipitation in December was 55 mm and January 148.3 mm greater than November / 2018 which is 11.7 mm., with low sulfur values observed in January / 2019 (0.375 kg S ha<sup>-1</sup> year<sup>-1</sup>) and February / 2019 (0.609 kg S ha<sup>-1</sup> year<sup>-1</sup>) in the Barrio Margarita Cortez. Therefore, in the short term, a monitoring network for the city and Province of Esmeraldas should be implemented to estimate the Sulfur flows, as well as their spatial distribution.

**Keywords:** Passive samplers, sulfur dioxide, Esmeraldas refinery.

# ÍNDICE GENERAL

	Pág.
PORTADA.....	i
HOJA EN BLANCO.....	ii
CERTIFICACIÓN.....	iii
DECLARACIÓN DE AUTORÍA.....	iv
DEDICATORIA.....	v
AGRADECIMIENTO.....	vi
PROLOGO.....	vii
RESUMEN EJECUTIVO.....	viii
ABSTRACT.....	ix
ÍNDICE.....	x
ÍNDICE DE TABLAS.....	xiii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xiii
INTRODUCCIÓN.....	xv
CAPÍTULO I: MARCO CONTEXTUAL DE LA INVESTIGACIÓN.....	1
1.1. CONTEXTUALIZACIÓN Y UBICACIÓN DE LA PROBLEMÁTICA.....	2
1.2. SITUACIÓN ACTUAL DE LA PROBLEMÁTICA.....	4
1.3. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	5
1.3.1. Problema General.....	5
1.3.2. Problemas Derivados.....	5
1.4. DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA.....	5
1.5. OBJETIVOS.....	6
1.5.1. Objetivo General.....	6
1.5.2. Objetivos Específicos.....	6
1.6. JUSTIFICACIÓN.....	7
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO DE LA INVESTIGACIÓN.....	8
2.1.1. Aspectos Atmosféricos y Meteorológicos.....	9
2.1.1.1. Aire.....	9
2.1.1.2. Humedad relativa.....	9
2.1.1.3. Precipitación.....	10
2.1.1.4. Vientos.....	10

2.1.1.5. Depósitos secos .....	11
2.1.1.6 Depósitos húmedos .....	12
2.1.1.8 Zona de Convergencia Intertropical.....	12
2.1.1.9 Convección.....	13
2.1.1.10 Aerosoles marinos.....	13
2.1.1.11 Frente ecuatorial.....	14
2.1.1.12 Fenómeno del niño.....	14
2.1.2.1. Polución atmosférica.....	16
2.1.2.2. Lluvia acida.....	16
2.1.2.3. Contaminantes Primarios .....	17
2.1.2.4. Contaminantes Secundarios .....	17
2.1.2.5. Refinería de Petróleo.....	17
2.1.2.6. Termoeléctricas .....	17
2.1.2.7. Puertos navieros .....	18
2.1.2.8. Industria maderera.....	18
2.1.2.9. Industria aceitera .....	19
2.1.2.10. Parque automotor .....	20
2.1.2.11. SO <sub>2</sub> .....	21
2.1.3. Muestreadores Pasivos .....	22
2.1.3.1. Trampas de flujo (Throughtfall).....	22
2.1.3.2. Cajas.....	22
2.1.3.3. Radiello .....	23
2.1.4. Aspectos Físicos.....	24
2.1.4.1. Suelo.....	24
2.1.4.2. Geología y geomorfología.....	24
2.1.4.3. Condiciones Climáticas.....	24
2.1.5. Aspectos Biológicos.....	25
2.1.5.1. Vegetación.....	25
2.1.5.2. Choco .....	25
2.2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.....	26
2.3. FUNDAMENTACIÓN LEGAL .....	31



## INDICE DE CUADROS

	Pág.
<b>Cuadro 1:</b> Distancia en Km de los Puntos de muestreo con relación a la Refinería de Esmeraldas.....	3
<b>Cuadro 2:</b> Límites máximos permisibles de emisiones al aire para fuentes fijas de combustión abierta (mg/Nm <sup>3</sup> ).....	31
<b>Cuadro 3:</b> Concentraciones de contaminantes criterio que definen los niveles de alerta, de alarma y de emergencia en la calidad del aire [1]. .....	32
<b>Cuadro 4:</b> Guías de calidad del aire de la OMS y objetivos intermedios para el SO <sub>2</sub> : concentraciones de 24 horas y 10 minutos. ....	33
<b>Cuadro 5:</b> Valores máximos referenciales para emisiones a la atmósfera. ....	34
<b>Cuadro 6:</b> Diseño de la investigación. ....	38
<b>Cuadro 7:</b> Partes constitutivas del Muestreador de Flujo de Azufre. ....	39
<b>Cuadro 8:</b> ANOVA para flujo total de azufre (kg/ha año).....	46
<b>Cuadro 9:</b> ANOVA para flujo total de azufre (kg/ha año) por USO DE SUELO.....	46
<b>Cuadro 10:</b> Corrida Preliminar de Muestra. ....	48
<b>Cuadro 11:</b> Datos de la curva de calibración. ....	48
<b>Cuadro 12:</b> Flujos de Azufre en las zonas de muestreo.....	52
<b>Cuadro 13:</b> Prueba de Kruskal-Wallis para flujo total azufre (kg/ha año).....	57
<b>Cuadro 14:</b> Pruebas de Múltiple Rangos para flujo total de azufre (kg/ha año. Método: 95,0 porcentaje LSD. ....	57
<b>Cuadro 15:</b> Uso de suelo .....	63
<b>Cuadro 16:</b> Pruebas de Múltiple Rangos para flujo total azufre (kg/ha año) por Uso de Suelo. Método: 95,0 porcentaje LSD.....	65
<b>Cuadro 17:</b> Prueba de Kruskal-Wallis para flujo total de azufre (kg/ha año) por Uso de Suelo ..	66

## ÍNDICE DE GRAFICOS

	Pág.
<b>Gráfico 1.</b> Ubicación geográfica de la zona de estudio. ....	2
<b>Gráfico 2.</b> GPS Garmin Etrex 30x.....	39
<b>Gráfico 3.</b> Estructura completa del muestreador pasivo.....	43
<b>Gráfico 4.</b> Curva de calibración.....	49
<b>Gráfico 5.</b> Distribución espacial de concentraciones de S en kg ha <sup>-1</sup> año <sup>-1</sup> en las Sitios de muestreo. Noviembre 2018; diciembre 2018; enero 2019, febrero 2019. ....	55
<b>Gráfico 6.</b> Interpolación de concentraciones de S en kg ha <sup>-1</sup> año <sup>-1</sup> en las Sitios de muestreo. Noviembre 2018; diciembre 2018; enero 2019, febrero 2019.....	56
<b>Gráfico 7.</b> Concentraciones medias de azufre en cada sitio de muestreo. ....	58
<b>Gráfico 8.</b> Representación gráfica de los vientos (ms <sup>-1</sup> ) en los meses de noviembre 2018, diciembre 2018, enero 2019 y febrero 2019. ....	60
<b>Gráfico 9.</b> Trayectoria 24 horas hacia atrás del viento para la ciudad de Esmeraldas durante el periodo de estudio.....	62
<b>Gráfico 10.</b> Área de Influencia de 30 km <sup>2</sup> con referencia al Barrio 15 de Marzo.....	64
<b>Gráfico 11.</b> Área de Influencia de 30 km <sup>2</sup> con referencia al Barrio Margarita Cortez.....	64
<b>Gráfico 12.</b> Deposición de azufre en kg ha <sup>-1</sup> año <sup>-1</sup> según el uso de suelo.....	66

## INTRODUCCIÓN

Los niveles de SO<sub>2</sub> atmosférico a nivel global son una preocupación que empezó a ser relevante en la década de los 70's con la conferencia de la Naciones Unidas sobre Medio Ambiente y Humanidad, a raíz de esto se crean reuniones que originan procesos de investigación para tener un diagnóstico de cómo está la atmosfera de los lugares con mayor actividad antrópica y cómo está perturbando a los diversos ecosistemas a nivel mundial.

Se ha comprobado la relación existente entre la contaminación atmosférica, producida por partículas en suspensión y anhídrido sulfuroso, y la aparición de bronquitis crónica caracterizada por la producción de flemas, la exacerbación de catarros y dificultades respiratorias tanto en los hombres como en las mujeres adultas. Se ha observado igualmente, que cuando las concentraciones tanto de SO<sub>2</sub> como de partículas en suspensión superan los 500 µg/m<sup>3</sup> de aire, como promedio en 24 horas, se produce un aumento de la mortalidad en la población en general, siendo los grupos más sensibles los individuos con procesos cardíacos o pulmonares. Con promedios diarios de 250 µg/m<sup>3</sup> de SO<sub>2</sub> y de humos se ha registrado el empeoramiento en los enfermos con afecciones pulmonares (Montenegro & Moncayo, 2006).

Por otra parte, los efectos producidos por la contaminación se pueden manifestar por la alteración de diversos mecanismos vitales de las plantas. Así, las funciones metabólicas y los tejidos vegetales se pueden ver afectados como consecuencia de la acción de gases como el anhídrido sulfuroso (SO<sub>2</sub>), el monóxido de carbono (CO) y los compuestos de flúor. Los daños causados se manifiestan en forma de necrosis foliar en áreas localizadas que presentan un color marrón-rojizo-blanco, de clorosis, adquiriendo el tejido una coloración verde pálida o amarilla, o por la aparición de manchas puntuales necróticas. Si la acción del contaminante es muy fuerte puede llegar a paralizar el crecimiento de la planta (Montenegro & Moncayo, 2006).

La acción de los contaminantes atmosféricos sobre los materiales puede manifestarse por la sedimentación de partículas sobre la superficie de los mismos, afeando su aspecto externo, o por ataque químico al reaccionar el contaminante con el material. Los SO<sub>x</sub> causan daños a muchos tipos de materiales, bien directa o indirectamente. Un alto contenido de SO<sub>x</sub> en el aire produce la aceleración de la corrosión de los metales tales como el acero al carbono, zinc, acero galvanizado, compuestos del cobre, níquel y aluminio. Esta aceleración se ve favorecida por la presencia de partículas depositadas por la humedad y por la temperatura (Montenegro & Moncayo, 2006).

La investigación se encuentra segmentada por capítulos, siendo los siguientes:

En el primer capítulo, consta la problemática, antecedentes de la investigación sobre la distribución espacial del SO<sub>2</sub> en la atmosfera de las zonas aledañas a la refinería de Esmeraldas debido a que la contaminación atmosférica está causando muchos problemas tanto a la salud de las personas como también impactos ambientales negativos en el medio.

En el segundo capítulo el marco teórico de la investigación consta de tres partes: marco conceptual donde se enlista las principales definiciones referente al tema de investigación; en el marco teórico donde se fundamenta en investigaciones semejantes a la contaminación atmosférica específicamente de azufre como precursor de SO<sub>2</sub>, su distribución en la atmosfera , así también como los efectos que este contaminante sobre la salud humana , plantas y los materiales; y el marco legal en el que se citan leyes tanto nacionales e internacionales que regulan las emisión de SO<sub>2</sub> y nos dan los límites permisibles para que no exista contaminación.

En el tercer capítulo se describe la metodología, el procedimiento que se utilizó para cumplir con los objetivos y obtener los resultados en la investigación.

En el cuarto capítulo a los resultados obtenidos se les realizó su respectivo análisis y apegándose en otras investigaciones, herramientas tecnológicas y software como Wrplot, Hysplit Noaa, ArcGis, y Google Earth, podemos dar nuestra apreciación del porqué de las concentraciones de azufre.

En el capítulo cinco se dan las respectivas conclusiones y recomendamos para conocer la problemática existente y dar veredictos con el fin de palear y contribuir en el ámbito de la investigación, proveyendo de insumos a otros investigadores y autoridades para que ellos en trabajos posteriores aporten con la reducción de las cargas críticas de Azufre.

## **CAPÍTULO I**

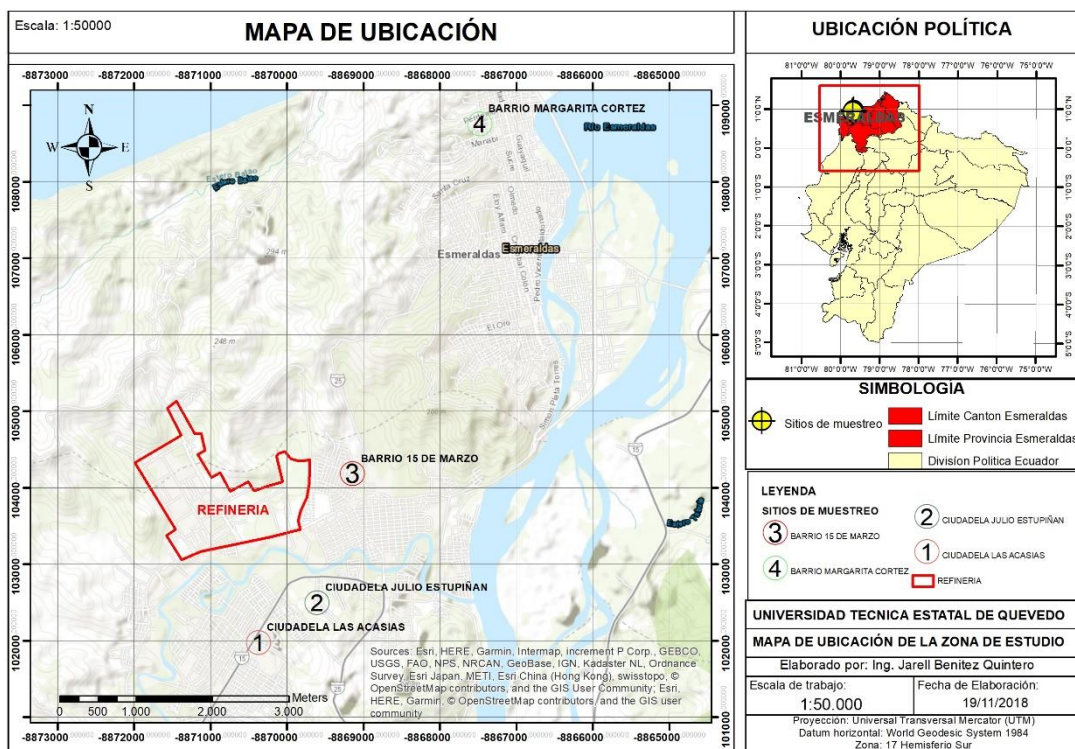
### **MARCO CONTEXTUAL DE LA INVESTIGACIÓN**

“La tierra proporciona lo suficiente para satisfacer las necesidades de cada hombre, pero no la codicia de cada hombre”

**Gandhi**

## 1.1.CONTEXTUALIZACIÓN Y UBICACIÓN DE LA PROBLEMÁTICA

Según el Gobierno Autónomo Descentralizado de Esmeraldas GADME, (2015), la ciudad de Esmeraldas, es la cabecera cantonal y provincial, localizada en la costa noroccidental del Ecuador, es la capital de la Provincia del mismo nombre, situada en las coordenadas 00°59´ de latitud norte y 79°39´de longitud Oeste, sobre la margen izquierda de la desembocadura del Río Esmeraldas y se halla a 4,00 m, sobre el nivel del mar Grafico 1.



**Gráfico 1.** Ubicación geográfica de la zona de estudio.

**Fuente:** Cartografía Nacional IGM, 2010.

Elaboración propia.

La presente investigación se realizó en la ciudad de Esmeraldas, en las localidades; Las Acacias, Julio Estupiñan, 15 de Marzo, ubicadas al sur de la ciudad, así como en Margarita Cortez ubicada en el centro, las localidades antes mencionadas se las conoce como barrios, debiéndose mencionar que existe un promedio de distancia entre 1,3 Km a 4,8 km del barrio 15 de Marzo al barrio Margarita Cortez, respectivamente. Tomando

como referencia la Refinería Estatal de Esmeraldas, estos barrios como las Acacias distan de 1,9 Km, Julio Estupiñan 1,8 Km, 15 de Marzo 1,8 Km y Margarita Cortez a 6 Km Cuadro 1; Gráfico 1.

**Cuadro 1:** Distancia en Km de los Puntos de muestreo con relación a la Refinería de Esmeraldas.

N°	Parroquias Urbana	Barrios	Distancia Refinería	Distancia entre ellos	Coordenadas Geográficas (UTM)	
1	Simón	Las Acacias	1,918 Km	-	646442	10101277
	Plata	Julio Estupiñan	1,859 Km	0,924 Km	647206	10101793
	Torres	15 de Marzo	1,813 Km	1,750 Km	647673	10103468
2	Bartolomé Ruíz	Margarita Cortez	6,022 Km	4,870 Km	649334	10108014

*Fuente: Elaboración propia.*

La Refinería Estatal de Esmeraldas, se encuentra ubicada geográficamente a 7 km de la ciudad del mismo nombre en dirección suroeste, junto a la vía que conduce al cantón Atacames. Las instalaciones se encuentran a 300 metros del Río Teaone, a 3 km del Río Esmeraldas y a 3,8 kilómetros del Océano Pacífico en línea recta, la distancia entre la refinería y el Puerto Naviero a 8 Km, ocupando una superficie aproximada de 114 hectáreas (Jarrín & Salinas, 2006).

Datos climáticos de la ciudad de Esmeraldas

Temperatura: 25 °C

Humedad Relativa: 81 %

Altura: 4 msnm

Precipitación: 700 mm/año.

## **1.2. SITUACIÓN ACTUAL DE LA PROBLEMÁTICA**

La Refinería Estatal de Esmeraldas en la actualidad, emite partículas de diversos tamaños, así como hidrocarburos volátiles. Estas emisiones provienen desde las distintas fases de operación, incluyendo la unidad catalítica, el proceso de hidrosulfurización, calentamiento, quema de gas, almacenamiento y manejo del petróleo crudo y de los productos refinados, además en la combustión de productos derivados de petróleo se generan partículas de dióxido de azufre, óxido nitroso, dióxido de carbono y monóxido de carbono (Montenegro & Moncayo, 2006).

El dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>) se transforma en ácido sulfúrico al entrar en contacto con el oxígeno y la humedad del ambiente. Esto produce lluvias ácidas en las regiones cercanas, además por el fenómeno de dispersión del SO<sub>2</sub> en la atmósfera el olor a azufre se siente varios kilómetros alrededor de la refinería, y en ocasiones afecta a toda la ciudad, dependiendo de las características meteorológicas y climáticas imperantes en la zona (Pacheco, 2011).

Tanto la Refinería como la Termoeléctrica de Esmeraldas, constituyen fuentes puntuales de contaminación, cada una por sí misma, (una fuente puntual es la que rebasa un caudal de emisiones de 100 ton/día). Podemos citar el caso de la Central Termoeléctrica Esmeraldas que produce emisiones al aire debido a la combustión en el caldero de generación de vapor: la emisión de dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>) que supera el valor regulatorio; puesto que en la Central Térmica Esmeraldas 1, se obtuvo un valor de emisión de 2.375 mg/Nm<sup>3</sup>, valor por encima del límite máximo permisible de 1.650 mg/Nm<sup>3</sup> (TULSMA, 2015).

### **1.3. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN**

#### **1.3.1. Problema General**

¿Cómo está distribuido espacialmente el azufre en la atmósfera en zonas aledañas a la refinería de Esmeraldas?

#### **1.3.2. Problemas Derivados**

¿Cuál es el nivel de las concentraciones de azufre en los barrios Las Acacias, Julio Estupiñan, 15 de Marzo y Margarita Cortez, aledaños a la refinería de Esmeraldas?

¿Cómo influyen los vientos en la dispersión de los flujos de azufre en los barrios Las Acacias, Julio Estupiñan, 15 de Marzo y Margarita Cortez, aledaños a la refinería de Esmeraldas?

¿En qué medida el uso de suelo está afectado por las concentraciones de Azufre?

### **1.4. DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA**

Es universalmente conocido, que en todas las industrias que utilizan como combustible fuentes de energía fósiles, se producen contaminantes gaseosos que son emanados a la atmósfera. Esto es lo que ocurre en la Refinería Estatal de Esmeraldas y Termo-Esmeraldas, donde producto del proceso de refinación de petróleos y la generación eléctrica, se producen contaminantes químicos gaseosos como: Óxidos de azufre, óxido de nitrógeno, monóxido de carbono, hidrocarburos, etc., Estos efectos químicos atacan directamente al aparato respiratorio y el aparato cardiovascular ocasionando la aparición o los agravamientos de enfermedades, como: Asma bronquial, bronquitis crónica, enfermedad pulmonar obstructiva crónica, tuberculosis, enfisema en los seres humanos (Pacheco, 2011).

Entre los barrios que se tomará para realizar el muestreo de las concentraciones de SO<sub>2</sub> y que se convierten en zonas de influencia directas de los impactos causados por las

emisiones tenemos: Barrio Las Acacias, Julio Estupiñan, 15 de Marzo. Además, se elegirá un punto de muestreo en el centro de la ciudad como el Barrio Margarita Cortez, debido a que el SO<sub>2</sub> dura de 6 a 13 días en la atmosfera por lo tanto puede desplazarse varios Kilómetros.

Campo: Ciencias ambientales.

Área: Contaminación atmosférica.

Línea de investigación: Evaluación de la calidad del agua, aire y suelo, incluyendo las alternativas de mitigación a los impactos ambientales.

Aspecto: Emisiones de SO<sub>2</sub>.

Tiempo: Noviembre 2018 – abril 2019.

## **1.5. OBJETIVOS**

### **1.5.1. Objetivo General**

Evaluar la distribución espacial del azufre en la atmósfera, en zonas aledañas a la refinería Estatal de Esmeraldas a partir muestreadores pasivos.

### **1.5.2. Objetivos Específicos**

- a) Cuantificar las concentraciones de azufre en zonas aledañas a la refinería de Esmeraldas.
- b) Analizar la influencia de los vientos en la dispersión de la pluma contaminante en las zonas aledañas a la refinería Estatal de Esmeraldas.
- c) Caracterizar el uso del suelo respecto a las concentraciones de azufre.

## **1.6. JUSTIFICACIÓN**

En la actualidad, la refinería Estatal de Esmeraldas, es un foco de contaminación para la provincia de Esmeraldas y el Ecuador en general, aquí el porcentaje de contaminación atmosférica por azufre supera las 8000 partes por millón (ppm) lo que está muy por encima de lo establecido por las leyes ambientales vigentes (Montenegro & Moncayo, 2006).

Según el Texto Unificado de la Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente (TULSMA) y al Reglamento Ambiental para las Operaciones Hidrocarburíferas en el Ecuador (Decreto Ejecutivo 1215), que en ambos casos, establecen como límite de SO<sub>2</sub> emitido al ambiente de 1000 ppm (TULSMA, 2015).

La Ciudad de Esmeraldas y en especial los barrios aledaños a la refinería Estatal de Esmeraldas están seriamente contaminados por las emisiones de esta planta, la población está sufriendo un gran índice de morbimortalidad, por los efectos de esta contaminación. Esta situación, que preocupa a la salud pública de los esmeraldeños; las autoridades de Refinería y Termo-Esmeraldas, la mantienen oculta; y siendo esta una realidad que no se puede ocultar, ya que los gases emitidos por estas plantas, y sus respectivos olores característicos; son observados, percibidos y sentidos por la ciudadanía, ya que atentan y dañan su salud. Es por eso que se justifica la investigación para dar a conocer las concentraciones de azufre y se busque una manera de ahondar los efectos que el SO<sub>2</sub> causa en el medio y las personas.

## **CAPÍTULO II.**

### **MARCO TEÓRICO DE LA INVESTIGACIÓN**

“El gran desafío de hoy en día es salvar el medio ambiente y las condiciones para que se mantenga la vida en la Tierra; para ello necesitamos a los filósofos y a la filosofía”

**Jostein Gaarder**

## **2.1. FUNDAMENTACIÓN CONCEPTUAL**

### **2.1.1. Aspectos Atmosféricos y Meteorológicos**

#### *2.1.1.1. Aire*

Según el TULSMA, Libro VI.,( 2015) en su Anexo 4, dice que el aire también llamado aire ambiente es cualquier porción no confinada de la atmósfera, además expresa que se lo conoce como una mezcla gaseosa cuya composición normal es: 20% de oxígeno, 79% de nitrógeno y 1% de dióxido de carbono, además de proporciones variables de gases inertes y vapor de agua, en relación volumétrica.

#### *2.1.1.2. Humedad relativa*

Parámetro que determina el grado de saturación de la atmosfera. La humedad relativa del aire húmedo con respecto al agua, es la relación entre la fracción molar del vapor de agua en el aire y la fracción molar correspondiente si el aire estuviese saturado con respecto al agua, a una presión y una temperatura dada. La unidad de medida es el porcentaje, mientras más alto sea el porcentaje, mayor es el grado de saturación de vapor de agua en la atmosfera (INAMHI, 2014).

La humedad relativa se expresa en tanto por ciento (%) y se calcula según la siguiente expresión:

$$\mathbf{h = \frac{e}{E} x 100}$$

Dónde:

***h***: humedad relativa,

***e***: contenido de vapor de la masa de aire,

***E***: máxima capacidad de almacenamiento y

**100:** Porcentaje (%)

El valor indica la cantidad máxima de vapor de agua que puede contener una masa de aire antes de transformarse en agua líquida (esto se conoce como saturación). De alguna forma, la humedad relativa nos da una idea de lo cerca que está una masa de aire de alcanzar la saturación. Una humedad relativa del 100% es indicativo de que esa masa de aire ya no puede almacenar más vapor de agua en su seno, y a partir de ese momento, cualquier cantidad extra de vapor se convertirá en agua líquida o en cristalitas de hielo, según las condiciones ambientales (Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología, 2004).

#### *2.1.1.3. Precipitación*

La precipitación es cualquier producto de la condensación del vapor de agua atmosférico que se deposita en la superficie de la Tierra. Ocurre cuando la atmósfera (que es una gran solución gaseosa) se satura con el vapor de agua, y el agua se condensa y cae de la solución (es decir, precipita). El aire se satura a través de dos procesos: por enfriamiento y añadiendo humedad. La precipitación que alcanza la superficie de la tierra puede producirse en muchas formas diferentes, como lluvia, lluvia congelada, llovizna, nieve, aguanieve y granizo (Pérez, 2019).

Según el INAMHI., (2014) la precipitación se mide en alturas de precipitación en mm. Un mm de precipitación equivale a la altura obtenida por la caída de un litro de agua sobre la superficie de un metro cuadrado.

#### *2.1.1.4. Vientos*

El fenómeno meteorológico del viento se define como el movimiento del aire. Este movimiento es consecuencia de la diferencia en la presión atmosférica entre dos puntos.

Este diferencial de presiones se debe a la diferencia de temperaturas en esos dos puntos; la incompatibilidad de temperatura produce una diferencia de densidades en el aire: entonces el aire se mueve para compensar esas diferencias buscando el equilibrio y se origina el viento. El equilibrio nunca se alcanza, dado que continuamente se crean nuevas diferencias y por lo tanto, el viento siempre existe, aunque en ocasiones es imperceptible. El viento es un fenómeno que se presenta en forma muy irregular, que hace difícil su caracterización. Siendo el viento una magnitud vectorial, los parámetros que se emplean para su estudio son la dirección y la velocidad. La dirección del viento es aquella de donde proviene; se registra mediante el uso de veletas. Por otra parte, la velocidad corresponde a la relación que existe entre una cierta distancia y el tiempo que se tarda en recorrerla. Su medición se obtiene por el empleo de anemómetros, anemógrafos y anemocinemógrafo. Este último conjuga registros de dirección y velocidad instantánea del viento (Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, 2006)

#### *2.1.1.5. Depósitos secos*

Es el depósito de los aerosoles presentes en el aire atmosférico en ausencia de agua precipitada de la atmósfera (agua, nieve, granizo, etc.) por vía de procesos gravitacionales y/o turbulentos (Herranz, Bolívar, Liger, Payeras, & J, 2007).

El depósito seco ocurre cuando las partículas al ser removidas caen a la superficie, debido a la gravedad durante un periodo seco. A consecuencia de este fenómeno, tanto la composición química como el pH de la precipitación total varían dependiendo de la localización geográfica y de las fuentes de emisión propias de las distintas regiones Herrera & Rodríguez., (2009) en Patiño, (2011).

#### *2.1.1.6 Depósitos húmedos*

El depósito húmedo es el agua precipitada de la atmósfera, bien en forma líquida (lluvia) o en estado sólido (nieve, granizo, etc.), así como, las partículas por ella arrastradas (Herranz et al., 2007).

Las partículas contaminantes al ser removidas caen acompañadas por lluvia entonces a este tipo de precipitación se la conoce como depósito húmedo; este incluye a las sustancias incorporadas dentro de la nube Herrera & Rodríguez., (2009) en Patiño, (2011).

#### *2.1.1.7 Celdas de Hadley*

Según Hatheway., (2008) las Celdas de Hadley es un patrón atmosférico de circulación en las zonas tropicales que origina vientos llamados vientos del este y vientos alisios. En la Celda Hadley, el aire sube en la atmósfera o cerca del ecuador, fluye hacia los polos altos sobre la superficie de la Tierra, y vuelve a descender hacia la superficie de la Tierra en el subtrópico, y fluye de vuelta al ecuador. Este flujo de aire se origina porque el Sol calienta el aire en la superficie de la Tierra, cerca del ecuador.

#### *2.1.1.8 Zona de Convergencia Intertropical.*

La zona de convergencia intertropical, ZCIT, presenta una doble estructura de vientos convergentes. Esta idea ya se manejaba 30 años pero no ha sido fácil su identificación hasta la llegada de satélites modernos y sofisticados. La ZCIT es un cinturón de convergencias que rodea a la Tierra y que presenta una variabilidad anual de tipo estacional y marítimo – terrestre. Hasta hace poco se pensaba que era una zona de convergencia única. Pero los análisis modernos lo han descartado. Así lo ha puesto de manifiesto los sensores satelitales del Quick Scatterometer de la NASA. Este instrumento

ha realizado medidas sobre el viento en los océanos y ha determinado la existencia de dos zonas de convergencia. La primera, o clásica, se pone de manifiesto con amplias zonas nubosas al converger en la zona ecuatorial los vientos alisios del norte y sur. La segunda zona se produce por convergencia en los propios vientos alisios de componente sur: es una zona con menos actividad nubosa y convectiva que la primera. Estos hechos son críticos para entender mejor los mecanismos que controlan a la atmósfera, los cambios climáticos que se están produciendo, la cobertura nubosa, etc. Los modelizadores del tiempo y clima deberán tener en cuenta estas singularidades para incluirlas en los modelos (NASA, 2002).

#### *2.1.1.9 Convección*

La convección atmosférica puede entenderse muy fácilmente: El aire más cercano a la superficie de la tierra se calienta al transmitirle ésta el calor solar acumulado. El aire al calentarse se hace menos denso, y asciende de la misma forma que un globo aerostático. En forma inversa, el aire de las capas superiores de la atmósfera es más frío y más denso, e interacciona con las capas calientes que están ascendiendo, generándose una corriente convectiva. Esta interacción convectiva, combinada con el movimiento de rotación de la Tierra, es nada más y nada menos que el origen de los vientos (Reina, 2018) .

#### *2.1.1.10 Aerosoles marinos*

Las partículas de origen marino proceden de la evaporación de pequeñas gotas de agua marina formadas principalmente por cloruros de sodio y de potasio. El mecanismo de formación parte de la ruptura de la película líquida que constituye la superficie de las burbujas de aire en el agua marina. Cada vez que una burbuja estalla, esta película se rompe en aproximadamente 200 partículas diminutas. Además, el estallido provoca que se forme un chorro de agua en el extremo inferior de la burbuja. El chorro se escinde y

forma más partículas. El agua de las gotas se evapora rápidamente, dejando una fina suspensión de partículas de sal marina, las cuales pueden contener Cd, Cu, Ni, Pb y Zn. También se producen emisiones en fase gas de As. Los aerosoles de sal marina producen menos del 10 % de los metales traza emitidos a la atmósfera por fuentes naturales. El tiempo de residencia promedio en la atmósfera de los aerosoles marinos es de unos cuatro días. Así en torno al 90 % del aerosol de origen marino se deposita sobre los océanos mientras que el otro 10 % es transportado hasta las costas introduciéndose en el aire continental. Una vez tierra adentro la concentración decrece rápidamente de un 15 % a 4 km de la costa hasta 8 % a 30 km tierra adentro, Pueschel., (1995) en Martínez & Artiñano Rodríguez de Torre., (2000).

#### *2.1.1.11 Frente ecuatorial*

Una de las características de las condiciones oceanográficas en la región costera del Ecuador, es la existencia permanente del Frente Ecuatorial, que es una zona de transición bien definida del encuentro de dos masas de agua; 1.- Corriente de Humboldt (Peruana) con relativamente bajas temperaturas, (15-19°C) y salinidades cerca de 35‰, y 2.- Aguas Superficiales Tropicales cálidas (> de 25°C) y baja salinidad (< de 33,5‰). En general el Frente Ecuatorial se extiende entre las Islas Galápagos y la Costa Norte del Perú. El Frente presenta una marcada variación estacional, desplazándose hacia el Norte en la época de verano y hacia el sur en la época de invierno (Okuda, Trejos, Valencia, & Rodríguez, 1983).

#### *2.1.1.12 Fenómeno del niño*

La corriente de Humboldt (fría) fluye desde el polo sur hacia el Ecuador y la corriente ecuatorial (cálida) fluye desde la costa suramericana hacia Australia. Durante todo el año soplan vientos los vientos alisios, desde la costa suramericana hacia Australia. En

consecuencia, la corriente ecuatorial y los vientos alisios desplazan el agua de la superficie del mar desde América hacia Australia, lo que explica por qué el nivel del mar está más alto en esa zona. Estos dos factores hacen que se acumule y mantenga gran cantidad de agua caliente frente a Australia (llamada justamente "la piscina de agua caliente", que se encuentra a unos 100 metros de profundidad con el agua a más de 20°C). Cabe recalcar que entre tres y cuatro años, la temperatura de la "piscina caliente" aumenta más de lo normal, a la vez que los vientos alisios se debilitan. Entonces tenemos que: Existe una zona de agua más caliente de lo normal y, menos densa, que tiende a moverse más fácilmente. La fuerza que mantiene la zona de agua caliente en su lugar normal cerca de Australia es el viento alisios; si éste se debilita, se genera un desplazamiento de la masa de agua caliente desde Australia hacia Suramérica; es decir, un movimiento contrario al de la situación normal. Estamos, entonces, en presencia de un evento de "El Niño" (Martelo, 1998).

En general, en las zonas de alta presión atmosférica el aire baja y es difícil que se formen nubes importantes, por lo que normalmente se asocian al "buen tiempo", mientras que en las zonas de baja presión el aire sube y al hacerlo se enfría, por lo que se pueden formar nubes productoras de precipitación. En condiciones normales, en el verano astronómico del hemisferio sur (diciembre), sobre Australia se encuentra una zona de baja presión (donde llueve), mientras que en el centro del Pacífico se encuentra una zona de alta presión. Durante un evento de El Niño, las zonas de presión "oscilan": sobre Australia y se forma una zona de alta presión, que provoca que no llueva y se sufra sequía, mientras que la zona de baja presión se mueve hacia el centro del Pacífico y la costa suramericana, lo que produce precipitaciones extraordinarias e inundaciones en las islas del Pacífico Central y en las costas de Perú y Ecuador (Martelo, 1998).

## **2.1.2. Aspectos de Polución atmosférica**

### *2.1.2.1. Polución atmosférica*

Según Arriols.,(2018) define a la polución atmosférica como "contaminación intensa y dañina". Es decir, entendemos que la polución siempre va a ser un tipo de contaminación, pero que, además, tiene un carácter de intensidad elevada. La definición continúa haciendo referencia, en este caso, no a un medio en general, sino al "agua o aire", entendiéndose que se trata, necesariamente, de una contaminación intensa y que tiende a presentarse solo en fluidos. Finalmente, la definición termina matizando que el origen de la polución es "producida por residuos de procesos industriales o biológicos". De este modo, tendríamos una definición de la polución como un tipo de contaminación concreta, es decir, más limitada y más determinada, que se caracteriza por ser siempre intensa y dañina, así como estar presente en fluidos (agua o aire), además de ser la resultante tanto de procesos industriales como biológicos.

### *2.1.2.2. Lluvia acida*

Se forma cuando la humedad en el aire interactúa con el óxido de nitrógeno y el dióxido de azufre emitido por fábricas, centrales eléctricas y automotores que queman carbón o aceite. Esta interacción de gases con el vapor de agua forma el ácido sulfúrico y los ácidos nítricos. Finalmente, estas sustancias químicas caen a tierra en forma de precipitación o lluvia ácida. Los contaminantes de la lluvia ácida pueden recorrer grandes distancias, y los vientos los trasladan miles de kilómetros antes de precipitarse en forma de rocío, llovizna, lluvia, granizo, nieve o niebla que se vuelven ácidos al absorber gases residuales de industrias o centrales térmicas que usan carburantes fósiles, gases de tubos de escape de vehículos y otras causas, ya sean naturales o antropogénicas, provocando un fuerte deterioro en el medio ambiente (Montenegro & Moncayo, 2006).

#### *2.1.2.3. Contaminantes Primarios*

Es aquél que se emite a la atmósfera directamente de la fuente y mantiene la misma forma química, como por ejemplo, la ceniza de la quema de residuos sólidos (Montenegro & Moncayo, 2006).

#### *2.1.2.4. Contaminantes Secundarios*

Aquel que experimenta un cambio químico cuando llega a la atmósfera, por ejemplo el ozono que surge de los vapores orgánicos y óxidos de nitrógeno que emite una estación de gasolina o el escape de los automóviles. Los vapores orgánicos reaccionan con los óxidos de nitrógeno en presencia de luz solar y producen el ozono, componente primario del smog fotoquímico (Montenegro & Moncayo, 2006).

#### *2.1.2.5. Refinería de Petróleo*

Es una planta industrial destinada a la refinación del petróleo, por medio de la cual, mediante una serie de procesos, se obtienen diversos combustibles fósiles capaces de ser utilizados en motores de combustión como: naftas, gas oil, etc. Además, se obtienen diversos productos tales como: kerosene, aceites minerales, asfaltos, coque, parafinas, materia prima para procesos petroquímicos, etc (Benini et al., 2011).

#### *2.1.2.6. Termoeléctricas*

Se denominan plantas termoeléctricas clásicas o convencionales aquellas plantas que producen energía eléctrica a partir de la combustión de carbón, fuel-oil o gas en una caldera diseñada al efecto. El apelativo de "clásicas" o "convencionales" sirve para diferenciarlas de otros tipos de plantas termoeléctricas (por ejemplo nucleares y solares), las cuales generan electricidad a partir de un ciclo termodinámico, pero mediante fuentes energéticas distintas de los combustibles fósiles empleados en la producción de energía

eléctrica desde hace décadas y, sobre todo, con tecnologías diferentes y mucho más recientes que las de las plantas termoeléctricas clásicas (Hernández, 2005).

#### *2.1.2.7. Puertos navieros*

Ámbito acuático y terrestre, natural o artificial, e instalaciones fijas, que por sus condiciones físicas y de organización resulta apto para realizar maniobras de fondeo, atraque, desatraque y estadía de buques o cualquier otro artefacto naval; para efectuar operaciones de transferencia de cargas entre los modos de transporte acuático y terrestre, embarque y desembarque de pasajeros, y demás servicios que puedan ser prestados a los buques, artefactos navales, pasajeros y cargas, y plataformas fijas o flotantes para alijo o comportamiento de cargas y cualquier otra operación considerada portuaria por la Autoridad Marítima Portuaria (AMP, 2010) .

#### *2.1.2.8. Industria maderera*

La industria forestal en el Ecuador, comprende la transformación primaria y secundaria de la madera; y la comercialización de los productos que se obtienen de ésta. La industria de la transformación primaria de la madera la conforman: Aserraderos; fábricas de contrachapado (Tableristas); fábricas de aglomerados (tableros de partículas) y MDF (Medium Density Fiberboard) que en español se los conoce como tableros de fibras de densidad media; y fábrica de astillas. Mientras que la industria de la transformación secundaria de la madera, es la que procesa los productos provenientes de la industria primaria que son usados en la industria de la construcción, industria de muebles (Fábricas de muebles modulares y talleres, y pequeñas fábricas de muebles) y en la fabricación de pallets, puertas, pisos, etc (CORPEI, 2007).

Según CORPEI (2007), las fábricas de contrachapados cumplen con el proceso de transformación de la madera desde su estado natural hasta conformar un tablero contrachapado. El contrachapado es un material que está compuesto de chapas pegadas de madera extraídas por el método del desenrollado, sobrepuestas en capas impares con la veta perpendicular entre ellas, proporcionándole mayor resistencia mecánica que la madera sólida de igual superficie y grosor.

Entre los subproductos de la industria maderera que pueden provocar problemas ambientales cabe citar las emisiones aéreas, los efluentes líquidos y los residuos sólidos. La mayoría de estos problemas se derivan de los residuos resultantes: astillas o serrín de las operaciones de transformación, corteza de las operaciones de descortezado y residuos de troncos en las vías fluviales de almacenamiento de troncos (Demers & Teschke, 2008).

La corteza y el serrín fino y, en algunas operaciones, todos los residuos de la madera, incluidas las astillas, pueden quemarse. Las operaciones tradicionales con técnicas ineficaces (p. ej. hornos con forma de colmena) producen diversos productos orgánicos derivados de una combustión incompleta. La contaminación del aire por partículas, que pueden producir “niebla”, es una queja común en las proximidades de estos quemadores. Las fábricas de contrachapado y tableros de partículas suelen quemar los residuos de la madera para obtener calor para las prensas (Demers & Teschke, 2008).

#### *2.1.2.9. Industria aceitera*

La palma aceitera es la única fruta de la que se puede extraer dos 2 tipos de aceite, químicamente diferentes: 1.- aceite crudo de palma que se extrae del mesocarpio (pulpa del fruto) y 2.- aceite crudo de palmiste (aceite laúrico) que se extrae de la almendra del fruto de la palma de aceite. Los dos aceites se encuentran separados por la delgada cáscara

de las almendras. Los procesos de extracción son netamente mecánicos. Estos productos corresponden a la materia prima que se procesará y no se producirán en la planta de refinación. Estos aceites o grasas son semisólidos a temperatura ambiente, pueden ser separados en sus fracciones sólida (estearina) y líquida (oleína). Estas dos fases pueden ser procesadas por refinación física o química para obtener tanto aceite de palma como aceite de palmiste refinado, blanqueado y desodorizado (RBD) o neutralizado, blanqueado y desodorizado (NBD) (Walsh Environmental Scientists and Engineers, 2017).

El proceso productivo requiere el uso de dos (2) calderos: 1.- el de baja presión para servicios y 2.- el de alta presión para el desodorizador, los cuales se abastecerán de diésel para su funcionamiento y generarán emisiones atmosféricas de fuentes fijas (Walsh Environmental Scientists and Engineers, 2017).

No existe la generación de material Particulado. Los aceites crudos y refinados/fraccionados tienen olores naturales propios del tipo de insumos y productos de la planta de refinación. Se genera emisión de vapor desde la torre de desodorización de la planta de refinación. Estas emisiones serán sólo de vapor (agua sin contaminantes atmosféricos), lo que puede crear un impacto visual (nube de vapor) o una percepción errónea de emisiones de contaminantes atmosféricos (Walsh Environmental Scientists and Engineers, 2017).

#### *2.1.2.10. Parque automotor*

Está definido como el número de unidades vehiculares registradas por los gobiernos estatales y municipales, de acuerdo con el tipo de vehículo y el servicio que presta, además de la producción y venta nacional de automotores (INEGI, 2019).

Las urbes más desarrolladas del Ecuador, han experimentado su crecimiento en base a la comunicación y facilidad generada por el reordenamiento de la viabilidad que justamente los vehículos recorren, permitiendo a su vez llegar a otras latitudes, a pesar de que estos artículos de transporte se desarrollaron para transportar a las personas, solo desde su desarrollo es posible ponerlos en marcha con combustibles fósiles, como la gasolina, diesel y otros, generando desde un inicio de su creación la emisión altamente de CO<sub>2</sub>, el cual es un componente que degrada el medio ambiente, y a su vez la vida. Muchos países alrededor del mundo, actualmente han establecido parámetros con los cuáles se pueda comprobar los daños que la contaminación ambiental generada por la emisión de CO<sub>2</sub>, y esto a su vez por los resultados comprobados, ha permitido que en todo el mundo se efectúen y apliquen alternativas con las cuáles se logre concienciar a la población para que empleen otras alternativas de movilidad y transporte, u otras alternativas en combustible que genere baja emisión de contaminación (Sosa, 2015).

#### *2.1.2.11. SO<sub>2</sub>*

Se forma fundamentalmente por la combustión de combustibles fósiles que contienen azufre (carbón, gasóleo y fuelóleo, principalmente). El SO<sub>2</sub> es un gas incoloro, no inflamable y no explosivo que produce una sensación gestatoria a concentraciones de 260 a 860 µg/m<sup>3</sup> en el aire. Es un gas irritante (a concentraciones superiores a 860 µg/m<sup>3</sup>) que provoca alteraciones en las mucosas de los ojos y de las vías respiratorias. Afecta a las defensas del sistema respiratorio y agrava el padecimiento de enfermedades cardiovasculares. Los grupos más sensibles a su exposición son los niños, las personas de edad avanzada, así como los individuos que sufren asma, problemas cardiovasculares o enfermedades crónicas del sistema respiratorio (por ejemplo, bronquitis). En contacto con la humedad del aire, forma ácido sulfúrico (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>), que se arrastra con la precipitación

o se deposita, provocando la acidificación de los suelos, lagos y ríos, con efectos negativos en la vegetación, la aceleración de la corrosión de edificios y monumentos (Smudde, 2005).

### **2.1.3. Muestreadores Pasivos**

#### *2.1.3.1. Trampas de flujo (Throughfall)*

Los colectores a base de resinas de intercambio iónico (RII) han sido usados para medir la deposición tipo throughfall en ecosistemas de bosque con una alta resolución espacial Fenn & Poth., (2000) ; Simkin et al., (2004) en Cerón, Cerón, Aguilar, Montalvo, & Muriel., (2016). Los colectores RII consisten de un embudo conectado a una columna que contiene la resina de intercambio iónico. La deposición cae sobre la superficie del embudo, lavándose hacia el interior de la columna. La principal ventaja de este tipo de dispositivos es que pueden ser usados durante periodos de tiempo relativamente largos (por ejemplo meses), y que el equipo tiene un bajo costo. Lo anterior, permite incrementar el número de puntos de muestreo en un área dada, por lo tanto, con este tipo de colectores es factible desplegar un gran número de ellos para caracterizar patrones espaciales en deposición con una resolución alta Clow et al., (2015) en Cerón et al., (2016).

#### *2.1.3.2. Cajas*

El muestreador más habitualmente utilizado consta de un colector de superficie (batea), un conducto o tubería de transporte y una cubeta intercambiable de recogida de la muestra. La superficie de recogida del colector se determinará en función de la cantidad de muestra que se necesite para los distintos laboratorios de análisis, tipo de determinaciones a realizar y de las precipitaciones estimadas en el punto de muestreo. Cuando se utiliza este tipo de muestreador con colector de superficie abierto, el depósito que inevitablemente se recoge es el depósito total. Existe la posibilidad de recolectar por separado el depósito seco del húmedo,

utilizando un tipo de colector que se abra exclusivamente cuando se produzca una precipitación atmosférica, y permaneciendo el resto del tiempo cerrado. Sin embargo, salvo casos excepcionales que se quiera evitar la deposición seca, este tipo de equipos no están generalizados por aspectos económicos y de mantenimiento. También existe la posibilidad de recolectar por separado los depósitos seco y húmedo, sin más que utilizar un tipo de colector con doble batea y una tapa que alternativamente cierre una u otra en función de la existencia o no de deposiciones húmedas. Sin embargo, estos equipos están muy poco implantados, tanto por aspectos económicos como de mantenimiento y necesidades eléctricas (Herranz et al., 2007).

### *2.1.3.3. Radiello*

Es un captador que posee una geometría radial, la cual permite unas velocidades de difusión del gas extremadamente elevada y constante. El diseño radial permite una superficie de difusión mayor lo cual repercute en una mayor sensibilidad para medir la concentración de los contaminantes (Cano & Delgado, 2009).

El captador Radiello está compuesto por componentes como: Soporte triangular; Cartucho captador: Dicho cartucho varía según el tipo de contaminante que se va a medir; Cuerpo difusor que restringe el tipo de moléculas que se difunden a través de él y minimiza la sensibilidad del sistema frente a la velocidad del viento y las turbulencias. El cuerpo difusor varía en función del gas que va a ser muestreado; El adaptador sirve para cambiar la orientación del tubo difusor, permitiendo el muestreo en posición vertical y horizontal; la carcasa protectora conveniente para muestreo en exteriores está diseñada para proteger los filtros de las inclemencias atmosféricas como lluvia, viento, etc (Cano & Delgado, 2009).

## **2.1.4. Aspectos Físicos**

### *2.1.4.1. Suelo*

El suelo de la Refinería Estatal de Esmeraldas es de origen sedimentario, mesuradamente profundo. La superficie del terreno presenta partes planas y hondonadas, y su suelo es arcilloso de baja permeabilidad. El nivel freático se encuentra a partir de los 4.5 m de profundidad. Debido a la poca permeabilidad del terreno se forman escorrentías superficiales que provocan que el suelo se torne inestable razón por la cual se están construyendo taludes naturales (Jarrín & Salinas, 2006).

### *2.1.4.2. Geología y geomorfología*

Los suelos de la Refinería Estatal de Esmeraldas presentan un relieve ondulado que contiene algunas colinas arcillosas sobre limonitas que alcanzan hasta 200m de altura Govea., (2003) en Jarrín & Salinas., (2006).

En esta formación se distinguen bancos de arcillas y limos mediante consolidados y depósitos de tipo aluvial, coluvial y diluvial, determinando una geomorfología con pendientes que van desde pronunciadas abruptas e irregulares hasta planicies con pendientes bajas (Jarrín & Salinas, 2006).

### *2.1.4.3. Condiciones Climáticas*

Según Holdridge (Clasificación de las zonas de vida), la Refinería Estatal de Esmeraldas (REE) se encuentra en la Zona de Vida Bosque Seco Tropical, que corresponde a un clima tropical de alta humedad, con una temperatura promedio de 24°C, con una temperatura máxima de 36°C y una mínima de 16,5 °C. El período de lluvias transcurre entre los meses de enero a mayo, siendo enero el de mayor pluviosidad con un promedio de 213,3 mm. El resto del año corresponde a una temporada seca, con lluvias leves y esporádicas.

La humedad relativa promedio está entre 81 y 86 %, siendo la máxima de 100%. Los vientos predominantes tienen un flujo suroeste, con una velocidad promedio de 2 a 4 m/s, y se manifiestan marcadamente de julio a octubre. Lo que resta del año provienen del sur, suroeste, oeste y noroeste. El porcentaje de calmas equivale al 19% del tiempo Govea., (2003) en Jarrín & Salinas., (2006).

## **2.1.5. Aspectos Biológicos**

### *2.1.5.1. Vegetación*

La zona se caracteriza por tener una vegetación de gramíneas, plantas leñosas, pastos, rastreras y arbustos. Anterior a la construcción del complejo industrial solo existían bosques por lo que es posible que la vegetación existente sea producto de la poca intervención humana sobre el suelo. La presencia de vegetación arbustiva en las colinas poco elevadas que se ubican al norte y oeste forma un soporte a la REE, debido a que contribuyen a la estabilidad del suelo, evitando de gran manera su transporte y erosión durante los flujos hídricos en épocas de lluvia (Jarrín & Salinas, 2006).

### *2.1.5.2. Choco*

El Choco biogeográfico, representa un ecosistema (más que un territorio) en donde las condiciones privilegiadas de sol, agua, luz y aire, elementos esenciales para la vida están presentes en forma permanente y exuberante; pero además, es una región aislada del resto de las tierras bajas de Suramérica por la cordillera de los Andes. Esta barrera natural, genera un gran número de endemismos, en especies de vegetales y animales (por ejemplo mariposas y aves), y quizás éstas últimas (aves) presentan, el mayor endemismo del mundo, aproximadamente el 25% de las especies, que allí habitan no se encuentran en ningún otro lugar del planeta (Carlos & Botero, 2010).

El Chocó Biogeográfico considerado como un corredor natural neotropical que inicia sus límites de norte a sur desde la provincia de Darién al este de Panamá, cruzando por todo el occidente Colombiano hasta el noroeste del Ecuador y termina en el extremo norte del Perú, de occidente a oriente, comprende la Costa Pacífica hasta la cordillera occidental, lo que significa que este corredor cruza por el litoral pacífico de cuatro países y en algunos se adentra hasta valles, vertientes e incluso hasta el litoral del caribe (Carlos & Botero, 2010).

En Ecuador está conformado por las provincias de: Esmeraldas, Manabí, Carchi, Imbabura y Pichincha. El gobierno del Ecuador para preservar la riqueza del Choco biogeográfico ha protegido las áreas tanto estatales como privadas, como: la Reserva Ecológica Mache Chindúl, la Reserva Ecológica Cotacachi-Cayapas, la Reserva Ecológica Cayapas-Mataje, la Reserva Forestal Étnica Awá, la Reserva El Chontal, y el Bosque Protector los Cedros, entre otras (Carlos & Botero, 2010).

## **2.2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA**

### **2.2.1. Contaminación atmosférica**

Scheren & Ibe., (2002) Afirman que la contaminación atmosférica tiene sus inicios en la década de los setenta, en Estocolmo en la conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y Humano, inicia la cooperación internacional en la lucha contra la acidificación o lluvia ácida, reafirmando la hipótesis que los contaminantes atmosféricos pueden recorrer miles de kilómetros, antes de depositarse y causar deterioros que afectan las edificaciones, cosechas y bosques.

En Ginebra en 1979 se firmó el convenio sobre la contaminación atmosférica transfronteriza a gran distancia, en el marco de la Comisión Económica de las Naciones Unidas para Europa, y entro en vigor en 1983. Se ha completado con ocho protocolos

específicos, pero se va a citar lo concerniente a los gases acidificantes, como: Protocolo de Oslo inherente a la Reducción de las emisiones de azufre en el menos un 30%, firma del protocolo en 1985, entrada en vigor en 1987; Óxidos de nitrógeno, firma del protocolo en 1988, entrada en vigor en 1991; Reducción adicional de las emisiones de azufre, firma del protocolo en 1994, entrada en vigor en 1998; El Protocolo de Gotemburgo de 1999 relativo a la reducción de la acidificación, de la eutrofización y del ozono en la troposfera, firma del protocolo en 1999, entrada en vigor en 2005 (Ministerio para la Transición Ecológica, 2019).

El Convenio que regula los asuntos relacionados con la contaminación ocasionada por los buques es el de Políticas en el Mar 73/78 (MARPOL), Convenio adoptado por la Organización Marítima Internacional (OMI) en su afán de reducir los efectos nocivos que provocan los buques en sus faenas, Convenio Internacional que cuenta con el Anexo VI sobre “Regulaciones para la Prevención de la Contaminación Atmosférica por Buques”, acordado el 1997 y que entró en vigencia en 2005 (Wunderlich, 2005).

Aunque el problema de la contaminación atmosférica por gases acidificantes, como los óxidos de azufre y nitrógeno, ya era conocido científicamente en el siglo XIX, sólo en la década de los 60`s se comenzaron a tomar medidas ante la especial incidencia y la gravedad de sus consecuencias en algunos países industrializados del norte de Europa y América. Episodios de contaminación por gases acidificantes como los de Sudbury en el estado de Ontario y, sobre todo por la mortalidad de peces y aparición de procesos de decaimiento (decoloración, defoliación y pérdida de productividad), seguida de la pérdida de árboles y eliminación de sistemas forestales en los Países Escandinavos como: Canadá y USA, se relacionaron con la acidificación y aparición de cantidades importantes de

aluminio en la disolución de los suelos que, a su vez, estaban inducidos por los aportes de lluvia, nieve o deposición seca ácida (Macías, Camps, Rodríguez, & Barreal, 2003).

El problema escandinavo comenzó a apreciarse en los inicios de la década de los 60's, y ya al final de ella, varios investigadores manifestaron que no sólo la relación con los aportes acidificantes, también procedían de regiones muy alejadas del centro de Europa (Reino Unido y Alemania fundamentalmente), lo que implicaba un transporte de los contaminantes desde largas distancias (miles de kilómetros) y una persistencia en la atmósfera de varias semanas, por lo menos (Macías *et al.*, 2003).

El SO<sub>2</sub> es un gas incoloro, no inflamable, y no explosivo. En concentraciones sobre los 784 µg/m<sup>3</sup> (0.3 ppm) tiene un sabor picante y sobre los 1306 µg/m<sup>3</sup> (0.5 ppm) presenta un olor muy característico. El SO<sub>2</sub> es muy soluble en agua (9,4 g en 100g de agua), tiene un peso molecular de 64.06 g/mol, es decir, casi el doble que el aire. Se estima que puede permanecer en el aire entre dos y cuatro días, tiempo durante el cual puede viajar hasta 1000 km, razón por la cual, los problemas con el SO<sub>2</sub> se consideran de carácter internacional (Montenegro & Moncayo, 2006).

Según Quevedo & Calderon., (2017) cita en Wilson., (1995) éste demostró que el SO<sub>2</sub> al convertirse en lluvia ácida incide en los procesos metabólicos celulares, de las hojas de diversidad de especies, como árboles y arbustos, atribuyéndosele daños como clorosis y necrosis (muerte celular en las hojas de las plantas), así como la acidificación de los suelos, adoptándose el término carga crítica respecto a la cantidad de azufre presente en la atmosfera y que se incorpora al suelo por arrastre de lluvia, neblina o vientos.

### **2.2.2. Acidificación**

Daños como defoliación, decoloración, disminución del crecimiento y muerte regresiva de árboles, se han registrado durante la última década en bosques de Europa, los que en

buena parte se consideran una consecuencia de la acidificación del suelo, al igual que fenómenos como la eutrofización y los efectos oxidantes fotoquímicos. Asimismo, también se le puede considerar el responsable de la acidificación de las aguas superficiales, la mortalidad de peces y otros cambios ecológicos en grandes zonas del norte de Europa y partes orientales de América del Norte (Marambio, 2013).

Quevedo & Calderon., (2017) Asevera que la carga crítica de acidez se ha definido como la máxima deposición de compuestos ácidos que no causarán cambios químicos que provoquen efectos dañinos a largo plazo sobre la estructura y función de un ecosistema. Por consiguiente, la carga crítica aproxima la máxima carga permisible de acidez para un ecosistema, en donde el sistema se encontraría al límite de presentar riesgo de daño por alteración de las condiciones físico-químicas del medio, tales como un cambio de pH de la solución, que llevara a la movilización de determinadas formas químicas tóxicas para las plantas. Sin embargo, existen procesos naturales que se oponen a la reducción de los valores de pH. La modelización de los mismos son los que determinan el cálculo de cargas críticas.

La lluvia ácida aumenta la acidez del suelo; moviliza los metales tóxicos, elimina importantes sustancias del suelo, y cambia su composición, con ello se disminuye la cantidad de nutrientes; esta moviliza el aluminio de los suelos forestales, que disminuye la proporción entre el calcio y dicho elemento, hasta el punto que se deteriora el crecimiento de las raíces. Además causa una reducción de la productividad forestal, afectando a las distintas clases de árboles (Pacheco, 2011).

Puesto que la oxidación seca de dióxido de azufre a sulfato, o la oxidación húmeda vía el intermediario bisulfito en condiciones atmosféricas se lleva a cabo a velocidades mucho más bajas que la de los óxidos de nitrógeno, por lo tanto, el dióxido de azufre y sus

productos oxidativos intermedios tienen un tiempo de residencia mucho más largo en la atmósfera. El dióxido de azufre tiene un tiempo de residencia de 13 días, y puede ser transportado a grandes distancias de su fuente Hitchcock et al., (1980) en Quevedo Pinos., (2018), esto lo hace más susceptible de ser transportado por el movimiento de las masas de aire en comparación con los óxidos de nitrógeno. Por esta razón, el sulfato o sus precursores gaseosos son conocidos como contaminantes regionales.

### **2.2.3. Concentraciones de Azufre**

Según Quevedo & Calderon., (2017) en los diagnósticos de las concentraciones de azufre, los instrumentos que por lo general se utilizan son los colectores automáticos húmedo seco, pero estos son caros y deben satisfacer ciertos requisitos para su instalación; consecuentemente, los muestreadores pasivos (throughfall) que en español significa trampas de caída, son una buena opción en un sitio determinado. Las deposiciones se pueden definir como el flujo hidrológico de iones contenido dentro de una solución.

Las cargas críticas han sido estimadas en varias regiones del mundo debido a la problemática ambiental y daños persistentes a los ecosistemas. En Europa, una carga crítica de azufre de  $3 \text{ kg S ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$  ha sido propuesta para áreas muy sensibles, mientras que para bosques naturales se ha propuesto un rango entre 2 y  $5 \text{ kg S ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$  Grennfelt & Nilsson., (1988) en Quevedo Pinos., (2018).

Según Quevedo & Calderón., (2017) declara que el valor de flujo de S, tiene una mediana de  $1,92 \text{ kg ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$  en el Puerto de Guayaquil, está muy cerca del límite inferior del umbral reportado para bosques naturales. Sin embargo, es necesario considerar que los patrones de depósito y la respuesta de los ecosistemas en regiones templadas pueden ser muy diferentes a los tropicales, por lo que se recomienda estimar sus propios valores de carga crítica.

## 2.3. FUNDAMENTACIÓN LEGAL

### 2.3.1. NORMAS AMBIENTALES

En la Constitución del Ecuador (2008) consta:

**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, sumak kawsay.*

**Art. 276.** El régimen de desarrollo tendrá los siguientes objetivos

**5.** *Recuperar y conservar la naturaleza y mantener un ambiente sano y sustentable que garantice a las personas y colectividad el acceso equitativo, permanente y de calidad al agua, aire y suelo, y a los beneficios de los recursos del subsuelo y del patrimonio natural.*

**Art. 413.-** *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; tomara medidas para la conservación de los bosques y la vegetación, y protegera a la población en riesgo.*

Acuerdo Ministerial No. 097-A del 30 de julio de 2015, Reforma al Libro VI del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiental (TULSMA), Norma de emisiones al aire desde fuentes fijas de combustión.

El Cuadro 2 lo podemos encontrar en el Libro VI, Anexo 3; en la Tabla 1: Límites máximos permisibles de emisiones al aire para fuentes fijas de combustión abierta (mg/Nm<sup>3</sup>).

**Cuadro 2:** Límites máximos permisibles de emisiones al aire para fuentes fijas de combustión abierta (mg/Nm<sup>3</sup>).

Contaminante	Combustible	Fuente fija existente: con autorización de entrar	Fuente fija nueva: con autorización de entrar en
--------------	-------------	---	--

		en funcionamiento antes de la fecha de publicación de la reforma de la norma	funcionamiento a partir de la fecha de publicación de la reforma de la norma
<b>Material particulado</b>	Sólidos sin contenido de azufre	200	100
	Fuel oil	200	100
	Diesel	150	80
<b>Óxidos de nitrógeno</b>	Sólidos sin contenido de azufre	800	650
	Fuel oil	700	600
	Diesel	500	450
	Gaseoso	200	180
<b>Dióxido de azufre</b>	Fuel oil	1650	1650
	Diesel	700	700

*mg/Nm<sup>3</sup>: miligramos por metro cúbico de gas de combustión en condiciones normales, 760 mmHg. de presión y temperatura de cero grados centígrados (0 °C), en base seca y corregidos al 18% de oxígeno (O<sub>2</sub>).*

*Sólido sin contenido de azufre, incluye biomasa como la madera y bagazo.*

Acuerdo Ministerial No. 097-A del 30 de julio de 2015, Reforma al Libro VI del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiental (TULSMA), Norma de calidad del aire ambiente o nivel de inmisión.

El Cuadro 3 lo podemos observar en el Libro VI, Anexo 4: Tabla 1.- Concentraciones de contaminantes criterio que definen los niveles de alerta, de alarma y de emergencia en la calidad del aire [1].

**Cuadro 3:** Concentraciones de contaminantes criterio que definen los niveles de alerta, de alarma y de emergencia en la calidad del aire [1].

CONTAMINANTE Y PERÍODO DE TIEMPO	ALERTA	ALARMA	EMERGENCIA
<b>Monóxido de Carbono</b>			
Concentración promedio en ocho horas ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	15000	30000	40000
<b>Ozono</b>			
Concentración promedio en ocho horas ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	200	400	600

<b>Dióxido de Nitrógeno</b> Concentración promedio en una hora ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	1000	2000	3000
<b>Dióxido de Azufre</b> Concentración promedio en veinticuatro horas ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	200	1000	1800
<b>Material particulado PM 10</b> Concentración en veinticuatro horas ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	250	400	500
<b>Material particulado PM 2,5</b> Concentración en veinticuatro horas ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	150	250	350

*Nota:*

[1] Todos los valores de concentración expresados en microgramos por metro cubico de aire, a condiciones de 25 °C y 760 mm Hg.

*Fuente:* Elaboración propia.

#### Guías de Calidad del Aire de la OMS relativas al Material Particulado, el Ozono, el Dióxido de Nitrógeno y el Dióxido de Azufre (Cuadro 4).

**Cuadro 4:** Guías de calidad del aire de la OMS y objetivos intermedios para el SO<sub>2</sub>: concentraciones de 24 horas y 10 minutos.

	Promedio de 24 horas ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Promedio de 10 minutos ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Fundamento del nivel elegido
<b>Objetivo intermedio-1 (OI-1)<sup>a</sup></b>	125	-	Objetivo intermedio basado en el control de las emisiones de los vehículos de motor, las emisiones industriales y/o las emisiones de la producción de energía. Éste sería para algunos países en desarrollo un objetivo razonable y viable (se podría alcanzar en pocos años), que conduciría a mejoras significativas de la salud, las cuales, a su vez, justificarían la introducción de nuevas mejoras (por ejemplo, tratar de conseguir el valor de la GCA).
<b>Objetivo intermedio-2 (OI-2)</b>	50	-	
<b>Guía de calidad del aire (GCA)</b>	20	500	

*Fuente:* Guía de calidad del aire de la OMS.  
Elaboración propia.

### 2.3.2. Reglamento de Operaciones Hidrocarburíferas (RAOHE)

Reglamento Ambiental de Actividades Hidrocarburíferas, Decreto Ejecutivo 1215. El Cuadro 5, lo podemos ver textualmente en el Capítulo XII: Límites Permisibles; Anexo 2: Parámetros, valores máximos referenciales y límites permisibles para el monitoreo ambiental interno rutinario y control ambiental; Tabla 2.- Valores máximos referenciales para emisiones a la atmósfera.

**Cuadro 5:** Valores máximos referenciales para emisiones a la atmósfera.

<b>Parámetro</b>	<b>Expresado en</b>	<b>Unidad1)</b>	<b>Valor máximo referencial</b>
			hasta 31.12.2002a partir 1.1.2003
<b>Material particulado</b>	MP	mg/m <sup>3</sup>	200100
<b>Óxidos de azufre</b>	SO <sub>2</sub>	mg/m <sup>3</sup>	2.0001.000
<b>Óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>)</b>	NO <sub>2</sub>	mg/m <sup>3</sup>	500460
<b>Óxidos de carbono</b>	CO	mg/m <sup>3</sup>	350180
<b>Compuestos orgánicos volátiles (COV)</b>	C	mg/m <sup>3</sup>	7035
<b>Hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAPs)</b>	C	mg/m <sup>3</sup>	0.010.01

*Nota: 1) Miligramos por metro cúbico seco de gas de salida a 25°C y 101.3 kpa (presión atmosférica) y 11% de oxígeno.*

*Fuente: RAOHE.  
Elaboración propia.*

### **CAPÍTULO III.**

## **METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN**

“Una nación que destruye su suelo se destruye a sí misma. Los bosques que son los pulmones de la tierra purifican el aire y dan fuerza pura a nuestra gente”

**Franklin D. Roosevelt**

### **3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN**

#### **3.1.1. Descriptiva**

Se realizó el reconocimiento del área de estudio en dos fases: 1.- información primaria, a través de la recopilación y procesamiento de información mediante la: toma de imágenes digitales y georreferenciación de los sitios de muestreo, colocación de muestreadores y su análisis en laboratorio y 2.- información secundaria mediante la revisión bibliografía especializada relacionada al tema.

La investigación es descriptiva porque permite relacionar hechos a partir del principio causa efecto, de esta manera se analizará como los sitios categorizados en campo con números del 1 al 4 para ser identificados están receptando concentraciones de óxido de azufre que se encuentra disperso en la atmosfera, reconociéndose que uno de los aportes principales es la Refinería y Termo-Esmeraldas. La contrastación de esta información se realizará con bibliografía actualizada sobre la dispersión del azufre en áreas similares de otras latitudes.

### **3.2. MÉTODOS DE INVESTIGACIÓN**

#### **3.2.1. Exploratorio**

Se efectuó una exploración del problema existente a partir de la información primaria como los medios de prensa, utilizándose técnicas que permitieron obtener información necesaria a nivel de campo cuyo objetivo principal fue llegar a las respectivas conclusiones.

La investigación es exploratoria porque de manera previa se investigó sobre los sitios que potencialmente pueden estar siendo afectados por las emanaciones de la Refinería, Termo-Esmeraldas, Codesa, Parque automotor, como así también el Puerto de

Esmeraldas, y que otras actividades podrían estar influyendo en las concentraciones de azufre.

### **3.2.2. Analítico**

Es analítico porque contrasta las concentraciones de azufre con las actividades antrópicas presentes en el área de estudio, analizando como estas influyen en las concentraciones de los flujos de azufre.

### **3.3. FUENTES DE RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN**

La recopilación de la información básica se realizó a través de los muestreadores pasivos trampas de caída o throughfall, Fenn Poth & Arbaugh., (2002) que sirven para medir las concentraciones de Azufre.

Cada uno de los muestreadores fue georreferenciado empleándose el GPS, además se utilizaron datos de la estación meteorológica del Instituto Oceanográfico de la Armada (INOCAR) que se encuentra en las coordenadas 00° 59' 27.00" Norte; 079° 38' 46.00" Oeste, para registrar información como velocidad de los vientos mensuales y en base a los parámetros de dirección del viento (°) y velocidad del viento (m/s) se elaboró la rosa de los vientos. Además de bibliografía destacada como artículos científicos, libros especializados, y tesis doctorales.

En el Cuadro 6 se describe como se realizó la recopilación de la información tomando como referencia 4 puntos, con un tiempo de muestreo de 4 meses. Además se tomaron criterios como el uso de suelo, y la relación de las concentraciones de azufre con las actividades antrópicas, para comparar los flujos de azufre con datos estimados en otras regiones del mundo.

**Cuadro 6:** Diseño de la investigación.

<b>Sitio</b>	<b>Tiempo</b>	<b>Distancia entre ellos (Km)</b>	<b>Uso de suelo</b>	<b>Influencia</b>
<b>1</b>	4 meses	0,924	-Urbano -Industria	-Refinería -Termo Esmeraldas -Codesa -Olojoya -Parque automotor
<b>2</b>	4 meses	1,750	-Urbano -Industria	-Refinería -Termo Esmeraldas -Codesa -Parque automotor
<b>3</b>	4 meses	4,870	-Urbano -Industria	-Refinería -Termo Esmeraldas -Codesa -Parque automotor
<b>4</b>	4 meses	-	-Urbano -Puerto naviero	-Puerto naviero -Parque automotor

*Fuente:* Elaboración propia.

### **3.4. INSTRUMENTOS DE INVESTIGACIÓN**

#### **3.4.1. Cuaderno de notas o diario de campo**

Donde se registraron las condiciones meteorológicas de cada uno de los sitios en cada salida de campo. En laboratorio se llevó el registro de las lecturas en el espectrofotómetro para la obtención de los flujos de azufre.

### 3.4.2. Cámara Fotográfica y GPS

Se registraron fotografías de todas las actividades que se realizaron en la investigación así como también se usó el Sistema de Posicionamiento Global (GPS) Garmin Etrex 30x Gráfico 2 para determinar con exactitud la ubicación geográfica de los muestreadores pasivos ubicados en sitios estratégicos del área de estudio.



**Gráfico 2.** GPS Garmin Etrex 30x.  
**Fuente:** Elaboración propia.

### 3.4.3. Muestreadores pasivos

Se utilizaron colectores pasivos para medir las concentraciones de SO<sub>2</sub> en el área de investigación Gráfico 3. En el Cuadro 7 se describen los componentes de los muestreadores de flujo de azufre.

**Cuadro 7:** Partes constitutivas del Muestreador de Flujo de Azufre.

<b>Partes</b>	<b>Descripción</b>
<b>Resina</b>	La resina utilizada para los colectores fue un lecho mixto de poliestireno para aniones y cationes (Amberlite™ im



150). Esta RII fue insertada dentro de un tubo interior de PVC (30 g de RII), y su oficio es la retención de Iones (Sulfatos).

---

#### **Lana de Vidrio**



La lana de vidrio se la ubicó en el interior de tubo de PVC y su función fue; en la parte inferior servir (como una plataforma de soporte) y en la parte superior (como un filtro).

---

#### **Tubo PVC**



El tubo PVC 3/4" se lo utilizó para almacenar en su interior la Resina de Intercambio Iónico.

---

#### **Tubo PVC**



El tubo PVC 4 " se lo ubicó en la parte exterior, conteniendo al tubo de PVC 3/4" para protegerlo de la radiación solar y evitar alteraciones en las propiedades físicas y químicas de la resina empleada.

---

---

**Embudo**

El embudo se encuentra en la parte superior del colector, fue cubierto con una fina malla y está unido al tubo de PVC 3/4".

---

**Malla**

La malla se la colocó en el diámetro superior del embudo con la finalidad de evitar la caída de materiales sólidos como hojas e insectos.

---

**Válvula**

La válvula bola 3/4" se la situó en el extremo inferior de la columna para permitir el drenaje de fluidos.

---

**Tapón Macho**

El Tapón Macho 1" - 3/4" se utilizó para en un lado enroscar con el empate doble rosca macho 3/4" y al otro costado con la unión 1".

---



---

**Tapón hembra**

Utilizado para cubrir los extremos del tubo de PVC 3/4" y poder asegurar el traslado de las muestras hasta el laboratorio.



---

**Unión**

La unión 1" sirvió para acoplar el embudo en la fracción superior y la válvula en la parte inferior.



---

**Empate doble rosca macho**

Fue ubicado como puente entre la válvula bola 3/4" y el El Tapón Macho 1" - 3/4".



---

*Fuente: Elaboración propia.*



**Gráfico 3.** Estructura completa del muestreador pasivo.

*Fuente: Elaboración propia.*

La estructura del muestreador pasivo consistió en un embudo unido a un tubo de pvc, la solución fue canalizada a través del lecho de resina mixta dentro de la columna, donde los iones fueron retenidos. La resina utilizada para los colectores fue un lecho mixto de poliestireno para aniones y cationes (Amberlite™ IRN 150). El embudo fue cubierto con una fina malla para evitar la caída de material sólido como hojas e insectos. La columna RII fue insertada dentro de un tubo interior de pvc (30 g de RII), el tubo interior

fue sellado con fibra de vidrio en la parte inferior (como una plataforma de soporte) y en la parte superior (como un filtro). El tubo interior de pvc estuvo contenido dentro de un tubo exterior de pvc para protegerlo de la radiación solar y evitar alteraciones en las propiedades físicas y químicas de la resina empleada. El extremo inferior de la columna fue cerrado utilizando una válvula estándar de pvc para permitir el drenaje. Finalmente, las columnas fueron colocadas en áreas abiertas en cada uno de los sitios de muestreo. Las columnas fueron reemplazadas por columnas con resina fresca cada mes, este proceso se lo realizo tanto para la época seca y lluviosa cuatro meses (Cerón et al., 2016).

### **3.5. PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN**

En cuanto a la distribución espacial de las concentraciones mensuales en  $\text{kg S ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$  se las realizó con los programas de ArcGIS 10.2 y Google Earth, 2018, utilizando los hallazgos de los 4 puntos muestreados durante noviembre y diciembre de 2018 (estación seca); enero y febrero de 2019 (estación lluviosa). Con los datos de los 4 puntos de muestreo se empleó Krying para expresar la gradiente de contaminación utilizando el programa ArcGis 10.2.

Para el caso de graficar los vientos mensuales en el área de estudio se lo realizó mediante el programa WRPLOT View Lakes Enviromental., (2017), utilizando los datos de la estación meteorológica del INOCAR. Un diagrama de rosa de los vientos muestra la distribución de la dirección y la rapidez del viento en un lugar específico. La longitud de cada barra representa el porcentaje de tiempo que el viento proviene de una dirección. Cada barra esta subdividida en colores para mostrar los rangos de velocidades asociados con cada dirección.

Con el software de la NOAA HYSPLIT se calcularon las trayectorias de masas de aire para establecer la procedencia de dichas masas de aire 24 horas antes de su llegada al

punto de muestreo, con este cálculo podremos identificar los posibles orígenes de los contaminantes atmosféricos para efectos de interpretar un evento que afecta la calidad del aire.

### **3.6. ANALISIS ESTADISTICO**

Para el análisis estadístico se utilizó la Anova simple o análisis de varianza de una vía, esta se aplicó con el fin de demostrar las semejanzas o diferencias entre elementos o muestras de más de una población, a partir de la significancia de sus medias, con el programa STATGRAPHICS Centurion XVI. La variable cualitativa se denomina factor, ya que permite categorizar a los grupos que en el caso de esta investigación son (Las Acacias, Julio Estupiñan, 15 de marzo y Margarita Cortez), y los niveles del factor son las concentraciones de azufre. La prueba de Kruskal Wallis pretendió demostrar la igualdad de muestras independientes que provienen de una misma población, a partir de la mediana; para lo cual las variables son continuas y se han medido en una escala ordinal. Se empleó el procedimiento de diferencia mínima significativa (LSD) de Fisher, para discriminar entre las medias en función a la variable estudiada, lo que permitió luego estratificar el análisis para usos de suelos. De esta forma se evidenciaron 3 grupos distribuidos de la siguiente manera: Grupo A: Margarita Cortez, Grupo B: Julio Estupiñán y Las Acacias y el Grupo C: 15 de marzo.

La razón-F, que en este caso es igual a 7.90, es el cociente entre el estimado entre-grupos y el estimado dentro de grupos. Puesto que el valor-P de la prueba-F es menor que 0,05, existe una diferencia estadísticamente significativa entre la media de flujo total (kg/ha año) entre un nivel de punto muestral y otro, con un nivel del 95,0% de confianza Cuadro 8.

**Cuadro 8:** ANOVA para flujo total de azufre (kg/ha año).

<i>Fuente</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
<b>Entre grupos</b>	24,7346	3	8,24488	7,90	0,0036
<b>Intra grupos</b>	12,5268	12	1,0439		
<b>Total (Corr.)</b>	37,2615	15			

*Fuente:* STATGRAPHICS Centurion XVI.  
*Elaboración propia.*

Para el cálculo de los grados de libertad (gl) se consideró lo establecido en la teoría de Análisis de Varianza, donde los (gl) entre grupos se atribuye al cálculo de tratamientos menos uno ( $t-1$ ), lo cual para este caso se manejaron 3 tratamientos que representaban a las zonas de verificación en sus condiciones naturales para estudiar su influencia y niveles de concentración de azufre. Así pues, que para estas condiciones el valor fue de 2 gl, mientras que los grados de libertad (gl) intragrupos se le atribuye al producto del número de tratamientos por la diferencia de las repeticiones menos uno ( $t*(n-1)$ ) dando como resultado 9 gl, todo esto para un total de 11 gl en el modelo planteado.

Debido a que el valor-P de la prueba-F es menor que 0,05, existe una diferencia estadísticamente significativa entre la media de flujo total de azufre (kg/ha año) entre un nivel de uso de suelo y otro, con un nivel del 95,0% de confianza Cuadro 9.

**Cuadro 9:** ANOVA para flujo total de azufre (kg/ha año) por USO DE SUELO.

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
<b>Entre grupos</b>	24,7175	2	12,3587	19,45	0,0005
<b>Intra grupos</b>	5,71802	9	0,635336		
<b>Total (Corr.)</b>	30,4355	11			

*Fuente:* STATGRAPHICS Centurion XVI.  
*Elaboración propia.*

### 3.8. CÁLCULOS DE FLUJO DE AZUFRE

Una vez culminado el tiempo de muestreo se procedió a realizar un primer lavado con 100 ml de agua destilada, y un segundo lavado con una solución de 100 ml de Cloruro de Potasio (Secretaria de Comercio y Fomento Industrial, 1981).

Se usó la NORMA MEXICANA NMX-AA-074-1981; Análisis de agua - determinación del Ion Sulfato ; Método Turbidimétrico que consistió en que un matraz Erlenmeyer de 250 ml, se transfirió una alícuota de muestra de 100 ml, donde se añadió 5 ml de reactivo acondicionador y se mezcla con el agitador. Se agregó el contenido de una cucharilla llena de cristales de cloruro de bario y se midió el tiempo; la agitación y reacción tardó un minuto. Posteriormente se vertió parte de la solución a una celda de absorción del fotómetro y se midió la turbiedad (absorbancia) a intervalos de 30 segundos durante 4 minutos a una longitud de onda de 420 nm (Secretaria de Comercio y Fomento Industrial, 1981).

Se realizó la estimación de los flujos de azufre de las deposiciones atmosféricas utilizando la siguiente formula:

$$\text{Flujo de Azufre} = \frac{(\text{concentración másica})}{(\text{área} \times \text{periodo de exposición})} = \frac{Kg}{ha \text{ año}}$$

El blanco o el standard, es la muestra que sirve para comparar el analíto de azufre, para esto se usan de 4 a 5 muestras de azufre diluidos en ppm.

En el Gráfico 4 de la curva standard, mientras más la recta se aproxime a 95 o 96 % nos da a conocer que los datos están correctos.

### Solución estándar de sulfato:

### Curva de calibración:

Se utilizó la disolución de referencia de concentración de masa (100 mg/L de  $\text{SO}_4^{-2}$ ) o STOCK MADRE, para la curva de calibración con intervalo de concentración de masa de 0 mg/L a 40 mg/L de  $\text{SO}_4^{-2}$ , se usó una celda de paso óptico de luz de 1 cm o mayor. Se construyó una curva de calibración con un mínimo de 5 puntos además del blanco, dentro del intervalo de 0 mg/L a 10 mg/L de  $\text{SO}_4^{-2}$ , (1-3-5-7- y 10).

**Cuadro 10:** Corrida Preliminar de Muestra.

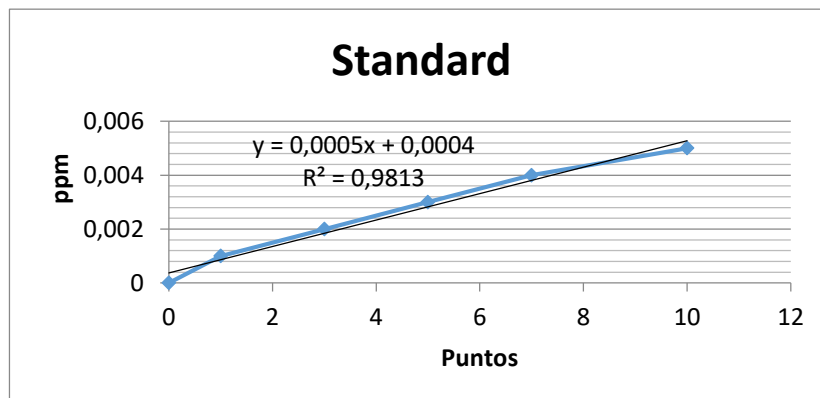
No	Tiempos	1 ppm	3 ppm	5ppm	7ppm	10ppm
1	0:00	0,001	0,002	0,003	0,004	0,005
2	0:30	0,001	0,002	0,003	0,004	0,005
3	1:00	0,001	0,002	0,003	0,004	0,005
4	1:30	0,001	0,002	0,003	0,004	0,005
5	2:00	0,001	0,002	0,003	0,004	0,005
6	2:30	0,001	0,002	0,003	0,004	0,005
7	3:00	0,001	0,002	0,003	0,004	0,005
8	3:30	0,001	0,002	0,003	0,004	0,005
9	4:00	0,001	0,002	0,003	0,004	0,005

*Fuente:* Elaboración propia.

**Cuadro 11:** Datos de la curva de calibración.

X	Y
0	0
1	0,001
3	0,002
5	0,003
7	0,004
10	0,005

*Fuente:* Elaboración propia.



**Gráfico 4.** Curva de calibración.

*Fuente:* Elaboración propia.

Para calcular la **concentración másica** se tomó como referencia la ecuación de la recta.

$$y = mx + b$$

$$y = 0,005x + 0,0004$$

Dónde:

**y:** Absorbancia, que es el valor en el cual se estabiliza la muestra en el espectrofotómetro

**m:** Pendiente

**b:** El punto donde la recta corta el eje Y

**x:** Concentración másica

De la ecuación de la recta se despejó x, donde se obtuvo la siguiente ecuación:

$$x = \frac{y - b}{m} = \frac{mg}{l}$$

Los valores **m** y **b** se los obtuvo graficando en Excel la curva de calibración de los valores obtenidos en el espectrofotómetro en un tiempo de 4 minutos con 1-3-5-7- y 10 ppm.

Siguiendo con los cálculos se tomó una **Alícuota:** 50 ml = 0,05 l esta es tomada de la muestra.

Diámetro del embudo: 23 cm; r: 11,5 cm.

Periodo de exposición: 1 mes = 30 días.

Se lleva 1 mes a año teniendo.

$$30 \text{ días} \times \frac{1 \text{ año}}{365 \text{ días}} = 0,08219 \text{ año.}$$

***Periodo de exposición = 0,08219 año***

$$\text{Área: } 3,1416 \times r^2$$

$$\text{Área} = 3,1416 \times (11,5 \text{ cm})^2$$

$$\text{Área} = 415,4766 \text{ cm}^2$$

Se convierte los  $\text{cm}^2$  ha quedado de la siguiente manera.

$$\text{Área} = 415,4766 \text{ cm}^2 \times \left(1 \times 10^{-8} \frac{\text{ha}}{\text{cm}^2}\right)$$

$$\text{Área} = 4,15 \times 10^{-6} \text{ ha}$$

Una vez ya obtenido todos los valores se los reemplaza en la fórmula general de Flujos de Azufre.

## **CAPÍTULO IV**

### **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

“Las futuras generaciones no nos perdonarán por haber malgastado su última oportunidad y su última oportunidad es hoy”

**Jacques Yves Cousteau**

#### 4.1. CONCENTRACIONES DE AZUFRE EN ZONAS ALEDAÑAS A LA REFINERÍA DE ESMERALDAS.

El Cuadro 12 ilustra las concentraciones de azufre obtenidas en los 4 puntos de muestreo en las dos estaciones, 1.- estación seca (noviembre y diciembre/2018), 2.- estación húmeda (enero y febrero/2019), obteniéndose las concentraciones más altas para la época seca en la ciudadela las Acacias con 4,826 kg S ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup> y en la 15 de marzo con 5,060 kg S ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>. Las concentraciones altas en Noviembre/2018 en las Acacias se deben, a la influencia de la dirección y velocidad del viento, también a que la precipitación es baja con un valor 11,7 mm, es decir que la dilución del contaminante es mínima, por lo tanto hay mayor deposición de azufre.

En la estación húmeda la concentración más alta es en Enero/2019, en el barrio 15 de marzo, con un valor de 5,294 kg S ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>, esto se debe a que la velocidad de los vientos disminuye considerablemente durante los meses de invierno, lo que ocasiona que se genere mayor acumulación de contaminantes en esta zona, además estas concentraciones son atribuidas a la cercanía con Refinería, Termo-Esmeraldas, Codesa y también a los aportes del parque automotor ya que en esta zona transitan gran cantidad de vehículos. Los valores más bajos de azufre fueron en los meses de enero con 0,375 kg S ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup> y febrero con 0,609 kg S ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup> (estación húmeda) en el Barrio Margarita Cortez, esto se debe a que el sitio se encuentra alejado de los focos de mayor emisión.

**Cuadro 12:** Flujos de Azufre en las zonas de muestreo.

<b>Flujo Total de Azufre (kg/ha año)</b>				
<b>Sitios de Muestreo</b>	<b>Estación seca (verano)</b>		<b>Estación húmeda (invierno)</b>	
	<b>Noviembre</b>	<b>Diciembre</b>	<b>Enero</b>	<b>Febrero</b>
<b>1. Ciudadela Las Acacias</b>	4,826	1,312	3,186	1,780

<b>2. Ciudadela Julio Estupiñan</b>	2,249	2,249	3,889	2,483
<b>3. Barrio 15 de Marzo</b>	3,889	5,060	5,294	3,420
<b>4. Barrio Margarita Cortez</b>	1,312	1,312	0,375	0,609

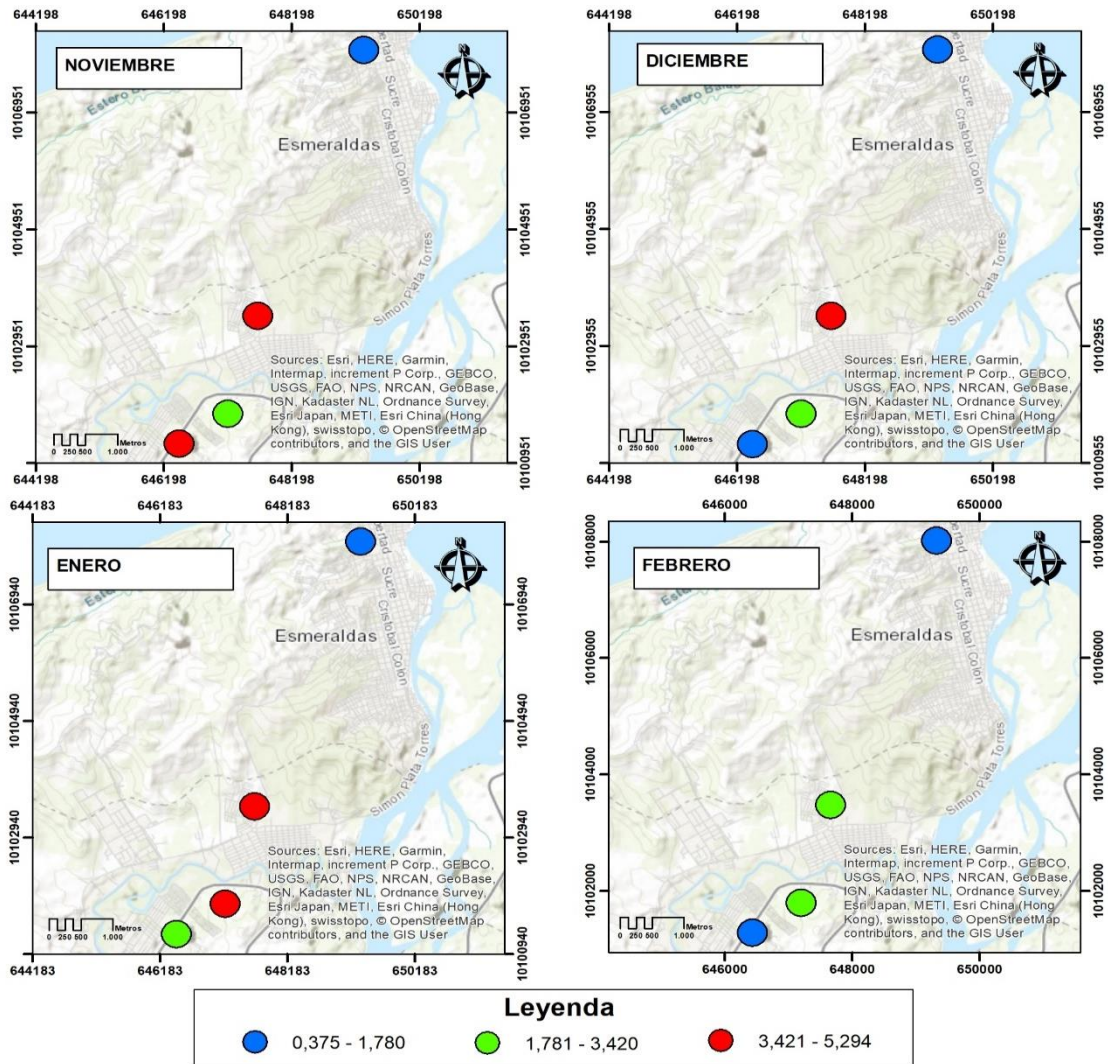
*Fuente: Elaboración propia.*

Las cargas críticas de azufre que se han establecido, son para ecosistemas forestales europeos definidos como "ecosistemas sensibles", con valores de 3 kg S ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup> Greenfelt & Nilson.,(1998) en Quevedo & Calderon., (2017), y para bosques naturales los valores son de 2 a 5 kg S ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup> . Los hallazgos de Cerón., (2016) para los bosques de manglar en laguna de términos - México son de 3,19 a 14,06 kg ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>.

Los ecosistemas alpinos son más sensibles que los sistemas de tierras bajas; Pérez., (2008) en Quevedo & Calderon., (2017) reportaron para Zoquiapan al este de la ciudad de México entradas de 5.5 y 8.8 kg ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup> para azufre; Ponette ., (2010) en Quevedo & Calderon., (2017) establecieron que en el Centro de Veracruz en varios tipos de cubierta y uso de suelo los valores de óxido de azufre están entre 8 a 17 kg ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>; Cerón, R., Cerón., (2016) en Quevedo & Calderon., (2017) determinaron los flujos medios de depósito throughfall para azufre (como SO<sub>4</sub><sup>-2</sup>) en la isla del Carmen fueron 2.15 y 4.7 kg ha<sup>-1</sup>año<sup>-1</sup>.

Según Quevedo & Calderon.,(2017) los datos encontrados reflejan que la distribución de las concentraciones de azufre en el estuario interior del Golfo de Guayaquil, sus medias son similares, desde el análisis de uso de suelo, es decir que en los sitios como los puertos, el área de influencia o manglar de la urbe, la zona urbana y la isla Chupador Chico (área de conservación) reciben concentraciones mínimas y máximas de azufre durante la época seca, desde 1,64 kg S ha<sup>-1</sup>año<sup>-1</sup> hasta: 9,51 kg S ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>, y durante la época lluviosa

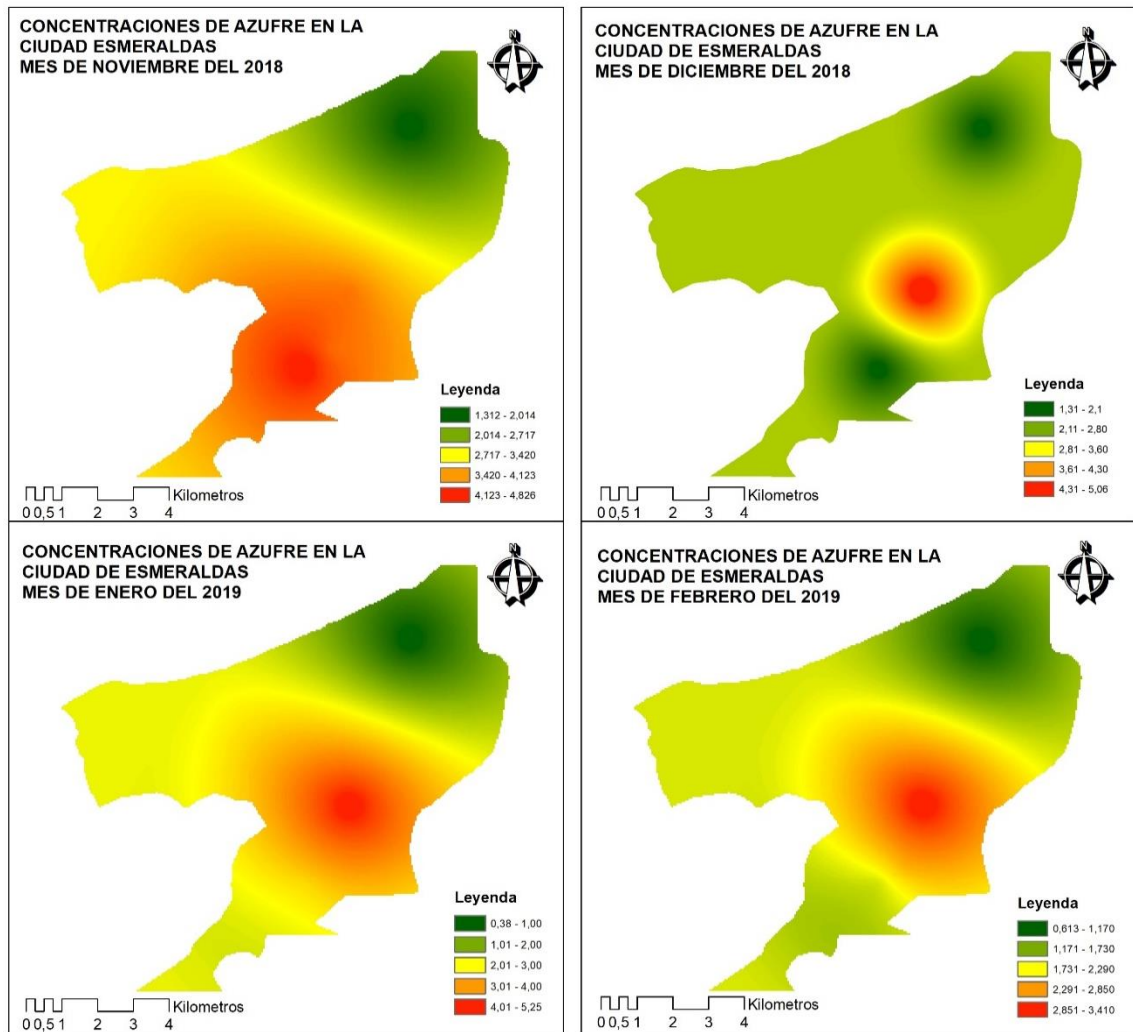
1,95 kg S ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup> y 5,08 kg S ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>, respectivamente; los valores más altos se presentaron en sitios de actividad portuaria, en el manglar de la urbe y en la zona urbana. Mientras tanto en la presente investigación el flujo medio de óxido de azufre depositado en los Sitios de muestreo en la ciudad de Esmeraldas se encuentra bordeando el límite del valor del umbral propuesto para bosques naturales y por encima de aquellos reportados para áreas muy sensibles como son en noviembre/2018 en Las Acacias con 4,826 kg S ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup> y 15 de Marzo con 3,889 kg S ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>, en diciembre/2018 en el Barrio 15 de Marzo con 5,060 kg S ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup> y en enero/2019 en La ciudadela Julio Estupiñan y Barrio 15 de Marzo con 3,889 y 5,294 kg S ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup> respectivamente Gráfico 4 y 5.



**Gráfico 5.** Distribución espacial de concentraciones de S en  $\text{kg ha}^{-1} \text{año}^{-1}$  en las Sitios de muestreo. Noviembre 2018; diciembre 2018; enero 2019, febrero 2019.

*Fuente:* ArcGIS 10.2.

*Elaboración propia.*



**Gráfico 6.** Interpolación de concentraciones de S en  $\text{kg ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$  en las Sitios de muestreo. Noviembre 2018; diciembre 2018; enero 2019, febrero 2019.

*Fuente:* ArcGIS 10.2.

*Elaboración propia.*

Para el estudio sobre la concentración de azufre se evaluó como variable dependiente el flujo total de azufre ( $\text{kg/ha año}$ ), a través de los valores obtenidos mediante muestreadores pasivos (Factor: Puntos Muestrales) ubicados en 4 puntos distribuidos en la ciudad de Esmeraldas, los cuales se consideraron relevantes para la investigación, la prueba-F en la tabla ANOVA determinó que si existen diferencias significativas entre las medias. Con la prueba de Rangos Múltiples se identificó que las medias son significativamente diferentes. Además, la Prueba de Kruskal-Wallis comparó las medianas en lugar de las medias, y a través de representación gráfica se observa la significancia práctica de los resultados Cuadro 13.

**Cuadro 13:** Prueba de Kruskal-Wallis para flujo total azufre (kg/ha año)

<i>Punto Muestral</i>	<i>Tamaño Muestra</i>	<i>Rango Promedio</i>
<b>Las Acacias</b>	4	8,5
<b>Julio Estupiñan</b>	4	9,125
<b>15 de Marzo</b>	4	13,625
<b>Margarita Cortez</b>	4	2,75

*Fuente: STATGRAPHICS Centurion XVI.*

*Elaboración propia.*

Estadístico = 10,6324 Valor-P = 0,0138885

El método empleado actualmente para discriminar entre las medias es el procedimiento de diferencia mínima significativa (LSD) de Fisher. De esta forma se evidencian 3 grupos en función a la variable estudiada, lo que permite luego estratificar el análisis para usos de suelos. Con este método hay un riesgo del 5,0% al decir que cada par de medias es significativamente diferente, cuando la diferencia real es igual a 0 Cuadro 14.

**Cuadro 14:** Pruebas de Múltiple Rangos para flujo total de azufre (kg/ha año. Método: 95,0 porcentaje LSD.

<i>Punto Muestral</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
<b>Margarita Cortez</b>	4	0,901936	A
<b>Julio Estupiñan</b>	4	2,71752	B
<b>Las Acacias</b>	4	2,77609	B
<b>15 de Marzo</b>	4	4,41597	C

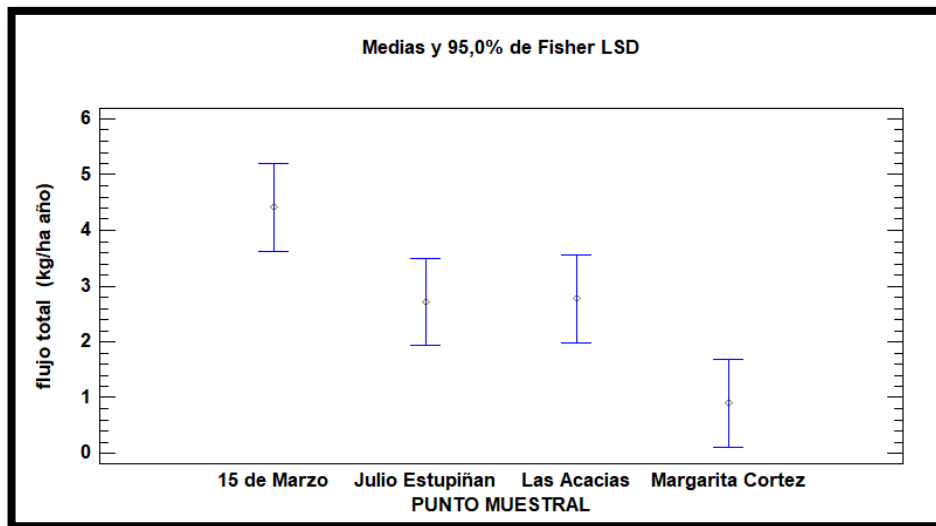
*Fuente: STATGRAPHICS Centurion XVI.*

*Elaboración propia.*

Puesto que el valor-P es menor que 0.05, existe una diferencia estadísticamente significativa entre las medianas con un nivel del 95,0% de confianza. Por lo tanto, se confirma los análisis y conclusiones expuestas anteriormente en LSD.

Los resultados obtenidos en la prueba de múltiples rangos, se evidencia que en el punto muestral correspondiente al sector 15 de marzo, existe mayor concentración de azufre en

promedio con el resto, además se observa que los sectores Julio Estupiñan y Las Acacias se encuentran en niveles semejantes y con menor incidencia el sector Margarita Cortez con media por debajo de los anteriores Gráfico 7.



**Gráfico 7.** Concentraciones medias de azufre en cada sitio de muestreo.

*Fuente:* Elaboración propia.

En este sentido, la prueba post hoc realizada, indica la existencia de 3 grupos distribuidos de la siguiente manera: Grupo A: Margarita Cortez, Grupo B: Julio Estupiñan y Las Acacias y el Grupo C: 15 de marzo, donde en relación a la comparación de medias para la variable concentraciones de azufre se señala al Sector 15 de marzo con la media más alta, tomando un valor de 4,42 kg/ha año brindando información relevante para la toma de decisiones en función de los niveles de azufre y su impacto ambiental.

## **4.2. INFLUENCIA DE LOS VIENTOS EN LA DISPERSIÓN DE LA PLUMA CONTAMINANTE EN LAS ZONAS ALEDAÑAS A LA REFINERÍA DE ESMERALDAS.**

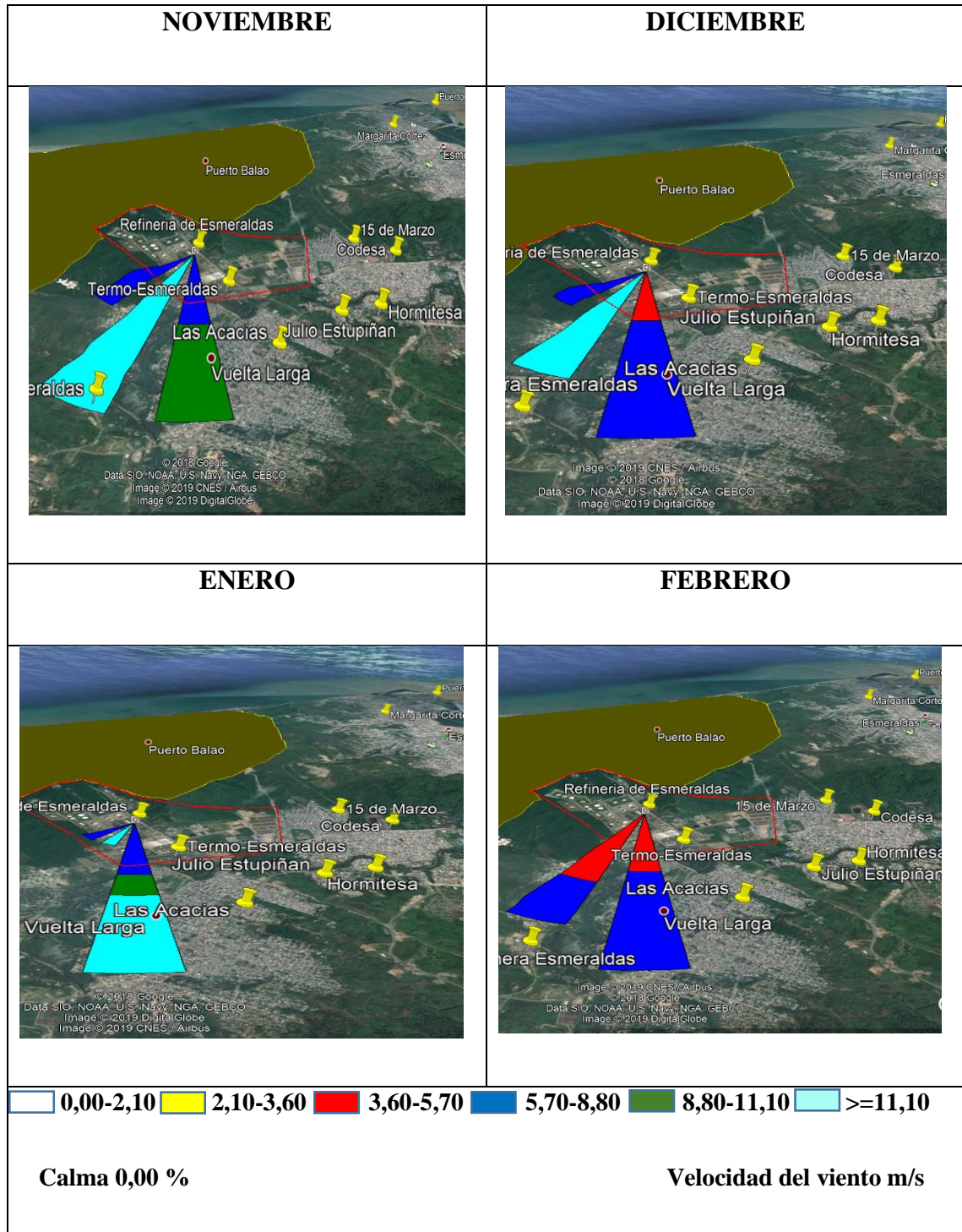
Durante los 4 meses de muestreo se registró la dirección del viento hacia el SO con velocidades que van entre 0,00 hasta  $\geq 11,10$  m/s. En Noviembre/2018, el viento presento velocidades mayores a 11 m/s y velocidades que fluctuaron de 5,70-8,80m/s y 8,80-11,10 m/s; mientras que, en diciembre del mismo año, imperaron velocidades mayoritarias de 5,70-8,80 m/s, aunque también hubo presencia de velocidad mayor a 11,10 m/s. Se debe mencionar que en enero/2019 predominó una velocidad 11 m/s, donde hubo velocidades variables entre 5,70 y 8,80 m/s. Por ultimo en febrero/2019 se presentó una disminución en la velocidad, reinando el rango de 3,60- 8,80 m/s Gráfico 8.

WRPLOT View es un programa para Windows mediante el cual se generan gráficas de rosa de los vientos y gráficas para varios formatos de datos meteorológicos. Una rosa de los vientos muestra la frecuencia de ocurrencia de los vientos en cada una de las direcciones del viento proporcionadas y las clases de velocidad para tiempo y lugar específicos (Ramírez & Vivanco, 2007) .

Ramírez & Vivanco., (2007), manifiestan que los factores meteorológicos de interés para evaluar la dispersión de los contaminantes son: velocidad y dirección del viento, temperatura, humedad, turbulencia, estabilidad atmosférica y efectos topográficos, estos parámetros varían de ciudad a ciudad e incluso muchas veces en las grandes ciudades llegan a variar de mes con mes.

Amparándonos en los conceptos emitidos por Ramírez & Vivanco, 2007 sobre velocidad y dirección del viento se puede indicar que la dispersión del contaminante tendría una dirección SO en referencia a la Refinería Estatal de Esmeraldas, aportando

concentraciones de azufre mayores en los puntos de muestreo que se encuentran en el sur de la ciudad de Esmeraldas.



**Gráfico 8.** Representación gráfica de los vientos ( $\text{ms}^{-1}$ ) en los meses de noviembre 2018, diciembre 2018, enero 2019 y febrero 2019.

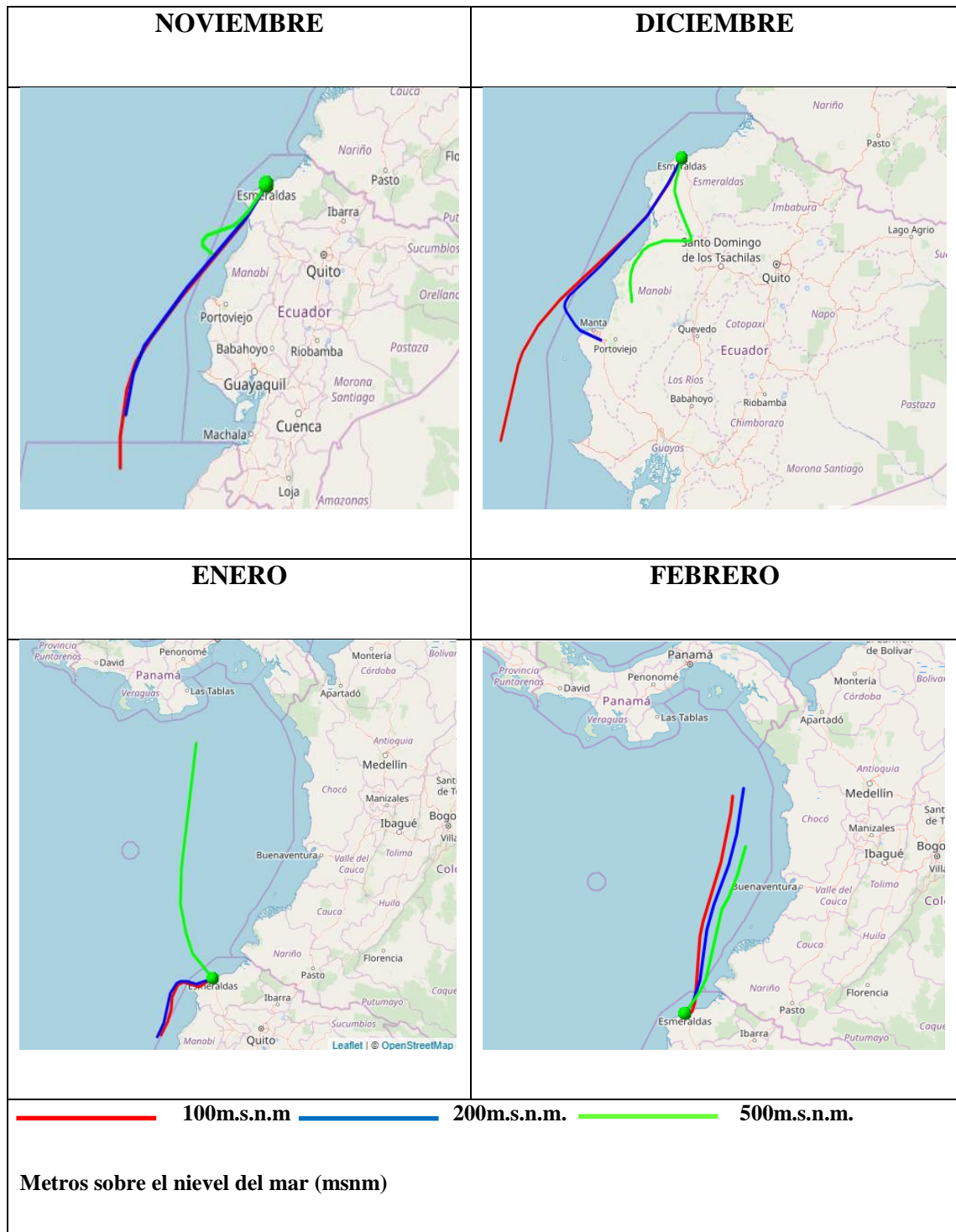
*Fuente: Elaboración propia.*

A partir del análisis de las trayectorias hacia atrás calculadas con el modelo Híbrido Lagrangiano de Trayectoria Integrada de Partícula Única (*Hybrid Single-Particle Lagrangian Integrated Trajectory-HISPLIT*) para modelar el transporte de masa de aire. Es un servicio del laboratorio de Recursos Atmosféricos (*Air Resources Laboratory-ARL*) de la Administración Nacional Oceánica y Atmosférica (*National Atmospheric and Oceanic Administration-NOAA*) de Estados Unidos. Este modelo es útil para interpretar un evento que afecta la calidad del aire (Patiño, 2011) .

En el Gráfico 9, se pudo observar que los vientos dominantes provienen en el mes de noviembre del pacífico Sur del Ecuador a alturas de 100, 200 y 500 msnm como muestra la figura en sus trayectorias con los colores rojo, azul y verde respectivamente. En Diciembre/2018, los vientos provienen con una altura de 100 msnm de las costas frente a Portoviejo, a 200 msnm de Portoviejo y a una altura de 500 msnm recorriendo una trayectoria desde el norte de Manabí, haciendo un punto Focal en Santo Domingo de los Tsachilas y llegando a la zona de estudio que es Esmeraldas. Para el mes de enero/2019, la trayectoria del contaminante viene a 100 y 200 msnm desde las costas manabitas y a 500 msnm desde el pacífico centroamericano.

El azufre es tratado como un contaminante regional y su estadía en la atmósfera es alrededor de 13 días, por lo tanto, puede desplazarse varios km desde su foco de emisión. Todas estas trayectorias 24 horas atrás nos dan a conocer el lugar y las alturas desde donde viene el contaminante, pero para conocer más a fondo si estos desplazamientos influyen en las concentraciones de azufre en los sitios donde se realiza el estudio, se debería conocer las actividades industriales que emanan azufre en los lugares de donde viene el contaminante, para tener una estimación y poder deducir su aporte en los flujos de azufre

en la ciudad de Esmeraldas. Es por eso que no podemos derivar que estas trayectorias aportaron con cantidades considerables de Azufre en el área de estudio.



**Gráfico 9.** Trayectoria 24 horas hacia atrás del viento para la ciudad de Esmeraldas durante el periodo de estudio.

*Fuente:* Elaboración propia.

### 4.3. USO DEL SUELO RESPECTO A LAS CONCENTRACIONES DE AZUFRE.

En el Cuadro 15 se ilustra la clasificación de uso de suelo dividiéndolo en Industrial, Urbano y Puerto Naviero. Para la clasificación del Uso de suelo para la zona Industrial se utilizó el criterio en el cual haciendo referencia en el barrio 15 de Marzo se tomó un área circular de 30 km<sup>2</sup> donde se logró apreciar la cercanía de la Refinería de Esmeraldas, Termo-Esmeraldas y Codesa que son las industrias emanadoras de SO<sub>2</sub>. Con el criterio de que la Ciudadela Las Acacias y Julio Estupiñan se encuentran alejadas a 1,918 y 1,859 Km respectivamente de las industrias, se las clasificó como Zona Urbana Gráfico 10. Cabe mencionar que se empleó el criterio de cercanía que tiene el puerto Naviero con el puerto de Esmeraldas, sabiendo que los buques que llegan a las Costas de Esmeraldas aportan Azufre, por lo tanto, se observó que el punto de muestreo que se encontraba más próximo al Puerto Naviero fue el Barrio Margarita Cortez Gráfico 11.

**Cuadro 15:** Uso de suelo

<b>Uso de Suelo</b>	<b>Sitios</b>	<b>Coordenadas</b>		<b>Flujo (Kg ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>)</b>
<b>Industrial</b>	15 de Marzo	647673	10103468	4,41597
<b>Urbano</b>	Las Acacias	646442	10101277	2,74681
	Julio Estupiñan	647206	10101793	
<b>Puerto Naviero</b>	Margarita Cortez	649334	10108014	0,901936

*Fuente:* Elaboración propia.



**Gráfico 10.** Área de Influencia de 30 km<sup>2</sup> con referencia al Barrio 15 de Marzo  
*Fuente: Google Earth*  
*Elaboración Propia.*



**Gráfico 11.** Área de Influencia de 30 km<sup>2</sup> con referencia al Barrio Margarita Cortez  
*Fuente: Google Earth*  
*Elaboración Propia.*

Para la variable dependiente en estudio, flujo total de azufre (kg/ha año) y tomando como factor el Uso de Suelo, se consideran los tres grupos que anteriormente resultaron de los análisis, para su comparación:

Esta prueba refleja la existencia de 3 grupos con diferencias estadísticas bien puntuadas, las cuales indican la no existencia de grupos homogéneos y donde la Zona Industrial muestra los niveles más altos en flujos totales de azufre, atribuible a la cercanía de Refinería, Termo-Esmeraldas y la fábrica Codesa Cuadro 16.

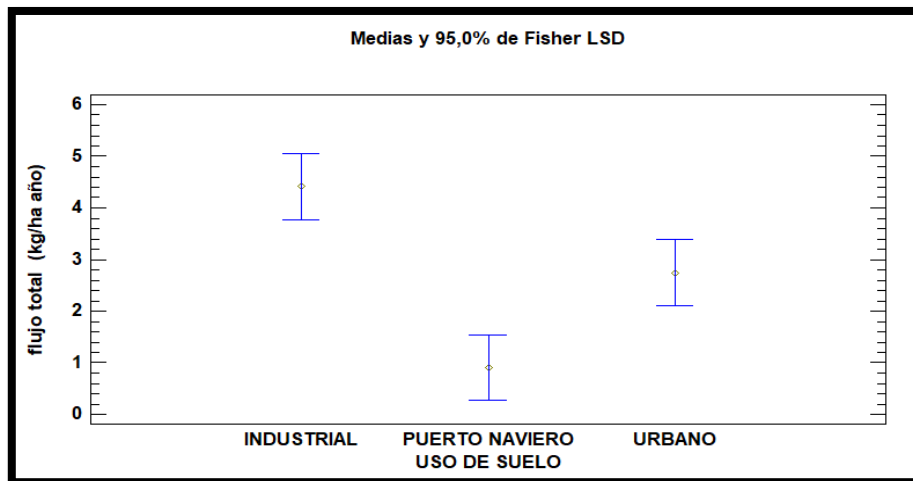
**Cuadro 16:** Pruebas de Múltiple Rangos para flujo total azufre (kg/ha año) por Uso de Suelo. Método: 95,0 porcentaje LSD

<i>Uso de suelo</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
<b>Puerto Naviero</b>	4	0,901936	A
<b>Sector Urbano</b>	4	2,74681	B
<b>Zona Industrial</b>	4	4,41597	C

*Fuente: STATGRAPHICS Centurion XVI.  
Elaboración propia.*

Puesto que el valor-P es menor que 0,05, existe una diferencia estadísticamente significativa entre las medianas con un nivel del 95,0% de confianza. Para determinar cuáles medianas son significativamente diferentes de otras, se la formula mediante el Gráfico de Caja y Bigotes.

El Gráfico 12, muestra la representación gráfica de los resultados obtenidos en la prueba de múltiples rangos, donde se evidencian los tres grupos conformados por Zona Industrial, Puerto Naviero y sector Urbano, donde la zona industrial muestra los valores más altos entre los grupos por ser el sector donde se encuentran las fuentes fijas de emisión, mientras las menores concentraciones y niveles de flujo total de azufre corresponden al puerto naviero atribuible a que distan de las actividades que emanan SO<sub>2</sub> Cuadro 17.



**Gráfico 12.** Deposición de azufre en  $\text{kg ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$  según el uso de suelo.  
*Fuente: Elaboración propia.*

**Cuadro 17:** Prueba de Kruskal-Wallis para flujo total de azufre ( $\text{kg/ha año}$ ) por Uso de Suelo

<i>Uso de suelo</i>	<i>Tamaño Muestra</i>	<i>Rango Promedio</i>
<b>Zona Industrial</b>	4	10,0
<b>Puerto Naviero</b>	4	2,5
<b>Sector Urbano</b>	4	7,0

*Fuente: STATGRAPHICS Centurion XVI.*  
*Elaboración propia.*

Estadístico = 8,83099 Valor-P = 0,0120886

## **CAPÍTULO V**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

“A lo largo de la historia, las tecnologías de una generación crearon problemas para la siguiente. Tenemos que encontrar una forma de manejar esto.

**Steve Rayder**

## 5.1. CONCLUSIONES

Del análisis de la información obtenida en el área de estudio, correspondiente a la estación seca (noviembre – diciembre/2018) y estación húmeda (enero y febrero/2019), se concluye:

- Los Análisis de SO<sub>2</sub> exceden las cargas críticas de azufre para ecosistemas sensibles , en Noviembre/2018 en las Acacias (4,826 kg S ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>) y el barrio 15 de Marzo (3,889 kg S ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>); En Diciembre/2018, en el barrio 15 de Marzo (5,060 kg S ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>); Para enero/2019, en las Acacias (3,186 kg S ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>), Julio Estupiñan (3,889 kg S ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>) y 15 de Marzo (5,294 kg S ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>); Y en febrero/2019, en el barrio 15 de marzo (3,420 kg S ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>).
- Los Análisis de SO<sub>2</sub> exceden las cargas críticas de azufre para bosques naturales, en diciembre/2018 y enero/2019, en el barrio 15 de Marzo con un valor de (5,060 kg S ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>) y (5,294 kg S ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>), respectivamente.
- Las altas concentraciones de Azufre (4,826 kg ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>) en la ciudadela las Acacias en el mes de Noviembre/2018, son atribuidas a que los vientos llevan el contaminante desde el foco de emisión a la zona de muestreo, además en las épocas secas las deposiciones son mayores porque hay menor dilución del contaminante debido a las bajas precipitaciones.
- En el sector 15 de marzo, existe mayor concentración de azufre, además se observa que los sectores Julio Estupiñan y Las Acacias se encuentran en niveles semejantes y con menor incidencia el sector Margarita Cortez. Existe una diferencia estadísticamente significativa entre las medianas con un nivel del 95,0% de confianza.

- Se apreciaron tres grupos con diferencias estadísticas bien puntuadas, las cuales indican la no existencia de grupos homogéneos y donde la Zona Industrial muestra los niveles más altos en flujos totales de azufre, atribuible a la cercanía de la Refinería, Termo-Esmeraldas y la fábrica Codesa, estableciendo diferencias estadísticamente significativas entre la media de flujo total de azufre (kg/ha año) entre un nivel de uso de suelo y otro, con un nivel del 95,0% de confianza.
- El viento tiene una dirección SO para los 4 meses de muestreo con velocidades que van entre 0,00 hasta  $\geq 11,10$  m/s. En Noviembre/2018, hay velocidades mayores a 11 m/s y fluctuaron entre 5,70-8,80m/s y 8,80-11,10 m/s; en Diciembre/2018 con velocidades mayoritarias de 5,70-8,80 m/s y mayor a 11,10 m/s; en enero/2019 con 11 m/s y entre 5,70 y 8,80 m/s; en febrero/2019 con velocidades de 3,60- 8,80 m/s.
- La trayectoria del viento 24 horas atrás proviene en el mes de Noviembre/2018 del pacifico sur del Ecuador; en Diciembre/2018, trae una trayectoria desde las costas frente a Portoviejo pasando por Santo Domingo de los Tsachilas y llegando a la zona de estudio; para el mes de enero/2019, la trayectoria del contaminante viene desde las costas Manabitas y desde el pacífico Centroamericano.

## 5.2. RECOMENDACIONES

De acuerdo a los resultados analizados en esta investigación, se recomienda lo siguiente:

- En el corto plazo implementar una red de monitoreo para la ciudad y Provincia de Esmeraldas, para estimar los flujos de Azufre, así como su distribución espacial.
- Es necesario establecer las cargas críticas de Azufre para la zona de estudio y estimar sus excedencias.
- Los entes gubernamentales encargados de la calidad del aire, obliguen a las empresas a cumplir o generar políticas que conlleven a reducir sus emisiones.
- A pesar que la mayor fuente de contaminación en esta investigación es la Refinería y Termo-Esmeraldas no podemos descartar la influencia del parque automotor y los buques que llegan al Puerto de Esmeraldas, por ello se recomienda plantear medidas referentes a vehículos y navieros con el objetivo de mermar los aportes de azufre en la zona de estudio .
- El SO<sub>2</sub> tiende a proceder de regiones muy alejadas lo que implica un transporte de contaminantes de largas distancias (miles de kilómetros) y una persistencia en la atmósfera de una a dos semanas, por lo que se recomienda tratar esta problemática a nivel regional con los entes encargados de controlar la contaminación emanada por la industria petrolera, naviera y automotor.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMP. (2010). Glosario de Términos Marítimos Portuarios, 23.
- Arriols, E. (2018). Diferencia entre polución y contaminación. Retrieved April 15, 2019, from <https://www.ecologiaverde.com/diferencia-entre-polucion-y-contaminacion-1621.html>.
- Benini, R., Cortés, M., Monsalvo, M., Paladino, J., Spinelli, L., Tambussi, M., & Trubiano, G. (2011). Refinación del petróleo. Parte 1: In Fundación YPF (Ed.) (1era edici, p. 29). Buenos Aires.
- Cano, V. E., & Delgado, J. (2009). Medida de Contaminantes Atmosféricos: Métodos Pasivos Frente a Métodos Automáticos. Universidad Jaume I, Castellón.
- Carlos, A., & Botero, A. (2010). El Chocó biogeográfico un tesoro de la naturaleza.
- Cerón, R., Cerón, J. G., Aguilar, C., Montalvo, C., & Muriel, M. (2016). *Mapeo de alta resolución de la variabilidad espacial y temporal del depósito de azufre y nitrógeno en Isla del Carmen*. Ciudad del Camen, Campeche.
- CORPEI. (2007). Planificación estratégica de la transformación y comercialización de madera en el Ecuador. *Planeación Estratégica 2007 - 2012*, 130. Retrieved from [http://ecuadorforestal.org/wp-content/uploads/2013/03/PE\\_Industrias.pdf](http://ecuadorforestal.org/wp-content/uploads/2013/03/PE_Industrias.pdf)
- Demers, P., & Teschke, K. (2008). Industria de la madera. *Productos Naturales*, 14.
- Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología. (2004). *Meteorología y climatología semana de la ciencia y la tecnología*.
- GADME. (2015). Vision Estrategica Del Cantón, 1–64. Retrieved from [http://www.gadmesmeraldas.gob.ec/lotaip/2015/VISION\\_ESTRATEGICA\\_DEL\\_](http://www.gadmesmeraldas.gob.ec/lotaip/2015/VISION_ESTRATEGICA_DEL_)

CANTN\_ESMERALDAS.pdf

Hatheway, B. (2008). Celda de Hadley. Retrieved April 10, 2019, from [https://www.windows2universe.org/earth/Atmosphere/hadley\\_cell.html&lang=sp](https://www.windows2universe.org/earth/Atmosphere/hadley_cell.html&lang=sp)

Hernández, C. (2005). Planta Termoeléctrica, 7.

Herranz, M., Bolívar, J., Liger, E., Payeras, J., & J, P. (2007). *Procedimiento de toma de muestras de la deposición total para la determinación de la radiactividad*. (Consejo de Seguridad Nuclear, Ed.) (Primera). Madrid: Dispublic, S.I.

INAMHI. (2014). Anuario Metereológico 2011. *Anuario Metereológico*, 51, 149. Retrieved from <http://www.serviciometeorologico.gob.ec/wp-content/uploads/anuarios/meteorologicos/Am 2011.pdf>

INEGI. (2019). Parque vehicular. Retrieved April 19, 2019, from <http://www.beta.inegi.org.mx/temas/vehiculos/>

Jarrín, P., & Salinas, M. (2006). *“Revisión Ambiental Inicial de la Refinería Estatal de Esmeraldas.”* ESPE.

Macías, F., Camps, M., Rodríguez, L., & Barreal, E. (2003). Cargas críticas de contaminantes : un criterio de evaluación de la sensibilidad de la naturaleza para la ordenación de las actividades humanas, (February).

Marambio, M. (2013). *"Fundamentos y alcance del regimen de la convención de Ginebra sobre contaminación atmosférica transfronteriza a gran distancia de 1979 "*. Rovira I Virgili.

Martelo, M. (1998). ¿ Qué es el Niño ? ¿ Es el Niño un fenómeno nuevo ? ¿ Qué se entiende actualmente por el Niño ?

- Martinez, S. P., & Artiñano Rodriguez de Torre, B. (2000). Evaluación de la contaminación atmosférica producida por partículas en suspensión en las redes de calidad del aire de la Comunidad de Madrid. *Informes Tecnicos Ciemat*, 921, 146. Retrieved from [http://www.iaea.org/inis/collection/NCLCollectionStore/\\_Public/38/106/38106963.pdf](http://www.iaea.org/inis/collection/NCLCollectionStore/_Public/38/106/38106963.pdf).
- Ministerio para la Transición Ecológica. (2019). Iniciativas internacionales. Retrieved April 24, 2019, from [https://www.miteco.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/atmosfera-y-calidad-del-aire/emisiones/pol-med/iniciativas\\_internacionales.aspx](https://www.miteco.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/atmosfera-y-calidad-del-aire/emisiones/pol-med/iniciativas_internacionales.aspx)
- Montenegro, I., & Moncayo, A. (2006). *Diseño y construcción de un prototipo de sistema para reducir la concentración de SO<sub>2</sub> de los gases de cola generados en el proceso de desulfurización del refinamiento de crudo en la refinería estatal de Esmeraldas*. Escuela Politécnica del Ejército.
- NASA. (2002). La zona de convergencia intertropical, ZCIT, presenta una estructura más compleja y duradera. Retrieved from <http://ram.tiempo.com/numero6/pdf/itczdoble.pdf>.
- Okuda, T., Trejos, R., Valencia, M., & Rodriguez, A. (1983). Variación estacional de la posición del frente ecuatorial y su efecto sobre la fertilidad de las aguas superficiales ecuatorianas. *Acta Oceanográfica Del Pacífico*.
- OMS. (2005). *Guías de calidad del aire de la OMS relativas al material particulado, el ozono, el dióxido de nitrógeno y el dióxido de azufre actualización*.
- Pacheco, J. (2011). *Incidencia en la salud de los moradores de los barrios 15 de Marzo*,

- de los contaminantes gaseosos, emitidos por la refinería de petróleo y termo-esmeraldas, en el periodo 2005-2010. IAEN.*
- Patiño, X. (2011). *Caracterización de la deposición húmeda y seca en el Parque Nacional El Chico, Mineral del Chico, Hidalgo México: Implicaciones de la contaminación atmosférica.* Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo.
- Pérez, G. (2019). Precipitación - Ciclo hidrológico (del agua). Retrieved June 9, 2019, from <https://www.ciclohidrologico.com/precipitacin>
- Quevedo, O., & Calderon, F. (2017). Distribución espacial del azufre en la atmósfera del estuario interior del Golfo de Guayaquil , a partir de muestreadores pasivos ( Fenn y Poth , 2004 ), 8, 467–493.
- Quevedo Pinos, O. L. (2018). Variación morfológica y proteica estacional de *Rhizophora harrisonii* en la principal zona portuaria de Guayaquil – Ecuador. *Instacron:UNMSM*. Retrieved from <http://renati.sunedu.gob.pe/handle/sunedu/320755>
- Ramírez, E., & Vivanco, S. (2007). Análisis de parámetros meteorológicos utilizando el modelo de la rosa de los vientos. In *Congreso Regional* (Vol. 3, p. 9).
- RAOHE. (2010). Reglamento ambiental de actividades hidrocarburíferas Decreto Ejecutivo 1215., (2982), 1–54.
- Reina, R. (2018). ¿Qué es la convección atmosférica? Retrieved April 11, 2019, from <https://es.quora.com/Qué-es-la-convección-atmosférica>
- Scheren, P. A. G. M., & Ibe, A. C. (2002). Environmental pollution in the Gulf of Guinea: A regional approach. *Large Marine Ecosystems*, 11(C), 299–320.

[https://doi.org/10.1016/S1570-0461\(02\)80044-1](https://doi.org/10.1016/S1570-0461(02)80044-1)

Secretaría de Comercio y Fomento Industrial. (1981). *NMX-AA-074-1981 “Análisis de agua-Determinación del ión sulfato”*.

Smudde, B. P. M. (2005). *II fase del inventario de focos emisores de contaminantes atmosféricos del Ayuntamiento de la Coruña*. Ayuntamiento de la Coruña.

Sosa, A. (2015). *Estudio técnico de un centro de revisión vehicular para el Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal del Cantón de Esmeraldas*. Universidad Internacional del Ecuador.

TULSMA, Libro VI, A. 4. (2015). Anexo 4, Aire o nivel de inmisión.

TULSMA. (2015). Texto Unificado Legislación Secundaria, Medio Ambiente, Parte I. *Mae*, (68), 319. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>

Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. (2006). Viento. In J. Flores (Ed.) (p. 21). Retrieved from <http://www.uaaan.mx/~jaflores/viento/viento.pdf>

Walsh Environmental Scientists and Engineers. (2017). Estudio de impacto y plan de manejo ambiental para la construcción y operación de la planta de refinación y fraccionamiento de aceites y grasas vegetales, SUDAVESA, Tachina, Esmeraldas. Retrieved from [https://www.iic.org/sites/default/files/disclosures/eia\\_updated\\_sudavesa.pdf](https://www.iic.org/sites/default/files/disclosures/eia_updated_sudavesa.pdf)

Wunderlich, M. (2005). *Análisis de la Contaminación Atmosférica Provocada por Buques en base a las Exigencias del Anexo VI del MARPOL 73/78*. Universidad Austral de Chile.

## ANEXO 1. CERITIFICADO URKUND

Quevedo, 10 de junio del 2019

Ingeniero M.Sc.  
Roque Vivas Moreira  
**DIRECTOR UNIDAD DE POSGRADO UTEQ.**  
En su despacho.

De mi consideración:

Informo a usted que el Proyecto de Investigación del Ing. **Carlos Jarell Benitez Quintero**, Postgradista de la Maestría en Gestión Ambiental cuyo tema es: **DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DEL AZUFRE EN LA ATMÓSFERA EN ZONAS ALEDAÑAS A LA REFINERÍA DE ESMERALDAS, A PARTIR DE MUESTREADORES PASIVOS. PERIODO 2018-2019**, fue analizada mediante la herramienta antiplagio URKUND, la misma que emitió un porcentaje del 8% por lo que a continuación se presenta captura de imagen de resultados.

URKUND

**Documento** [Proyecto Carlos Benitez 10 06.doc](#) (D53702660)

**Presentado** 2019-06-10 18:12 (-05:00)

**Presentado por** Zambrano Carlos Edison (cezambrano@uteq.edu.ec)

**Recibido** cezambrano.uteq@analysis.orkund.com

8% de estas 31 páginas, se componen de texto presente en 13 fuentes.

Atentamente,



Dra. Olga Quevedo Pinos  
**DIRECTORA DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**