



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**

**FACULTAD DE CIENCIAS**

**CARRERA INGENIERÍA EN BIOTECNOLOGÍA AMBIENTAL**

**DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE SOX Y NOX  
MEDIANTE CAPTADORES PASIVOS EN POBLACIONES  
CONTIGUAS A MECHEROS PETROLEROS EN LA PROVINCIA  
DE ORELLANA**

**Trabajo de Titulación**

Tipo: Proyecto Técnico

Presentado para optar al grado académico de:

**INGENIERA EN BIOTECNOLOGÍA AMBIENTAL**

**AUTORA:** LUZ YESSENIA LALANGUI CASTILLO

**DIRECTORA:** Ing. MARÍA RAFAELA VITERI UZCÁTEGUI MSc.

Riobamba – Ecuador

2022

© 2022, Luz Yessenia Lalangui Castillo

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

Yo, LUZ YESSENIA LALANGUI CASTILLO, declaro que el presente Trabajo de Titulación es de mi autoría y los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autora asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este Trabajo de Titulación; el patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 13 de julio de 2022



**Luz Yessenia Lalangui Castillo**

**2200324602**

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

El Tribunal del Trabajo de Titulación certifica que: El Trabajo de Titulación; Tipo: Proyecto Técnico, **DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE SOX Y NOX MEDIANTE CAPTADORES PASIVOS EN POBLACIONES CONTIGUAS A MECHEROS PETROLEROS EN LA PROVINCIA DE ORELLANA**, realizado por la señorita: **Luz Yessenia Lalangui Castillo**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del Trabajo de Titulación, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

	FIRMA	FECHA
Ing. Juan Carlos González García MSc. <b>PRESIDENTE DEL TRIBUNAL</b>	 _____	2022-07-13
Ing. María Rafaela Viteri Uzcátegui MSc. <b>DIRECTORA DE TRABAJO DE TITULACIÓN</b>	 _____	2022-07-13
Ing. María Soledad Núñez Moreno MSc. <b>MIEMBRO DEL TRIBUNAL</b>	 _____	2022-07-13

## **DEDICATORIA**

El presente trabajo lo dedico principalmente a Dios, por ser el inspirador y darme las fuerza para continuar en este proceso de obtener una de mis metas más deseados, a mis padres, por su amor, trabajo y sacrificio en todos estos años, gracias a ustedes he logrado llegar hasta aquí y convertirme en lo que soy, a mi hermano y hermana por estar siempre presentes, acompañándome y por el aliento moral que me brindaron a lo largo de esta etapa de mi vida y en especial a mi hijo Dominic Alejandro por ser mi apoyo y fortaleza en aquellos momentos de dificultad.

*Luz*

## **AGRADECIMIENTO**

Quiero agradecer en primer lugar a mi tutora, Rafaela Viteri, por haberme encaminado en todos los momentos que necesité sus consejos. También a mis familiares y amigos, personas con un gran corazón que me han sabido alentar de la mejor manera para no desanimarme en todo este tiempo, así mismo, deseo expresar mi gratitud al ingeniero Geovanny Salinas del GADPO y a su grupo de trabajo.

*Luz*

## TABLA DE CONTENIDO

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

### CAPÍTULO I

1. DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA .....	3
1.1. Antecedentes de la investigación .....	3

### CAPÍTULO II

2. REVISIÓN DE LA LITERATURA .....	5
2.1. Atmósfera.....	5
2.1.1. <i>Capas de la atmósfera.</i> .....	6
2.2. Contaminación atmosférica .....	6
2.2.1. <i>Clasificación de la contaminación atmosférica</i> .....	7
2.2.2. <i>Fuentes contaminantes atmosféricas.</i> .....	7
2.2.3. <i>Principales contaminantes.</i> .....	7
2.2.4. <i>Óxidos de nitrógeno</i> .....	8
2.2.5. <i>Óxidos de azufre</i> .....	9
2.3. Gas natural .....	9
2.3.1. <i>Composición del gas natural.</i> .....	10
2.3.2. <i>Emisiones de la quema de gas</i> .....	10
2.3.3. <i>Quema de gas</i> .....	10
2.3.4. <i>Composición de la quema de gas</i> .....	11
2.4. Ecuador y la producción de petróleo .....	11
2.5. Muestreadores pasivos. ....	12
2.6. Normativa vigente .....	13
2.6.1. <i>Anexo 4</i> .....	13

2.6.2. <i>LEY DE HIDROCARBUROS</i> .....	14
--	----

### CAPÍTULO III

3. MARCO METODOLÓGICO.....	15
3.1. Tipo de Investigación.....	15
3.2. Localización del Estudio.....	15
3.3. Ubiación del estudio.....	15
3.4. Población de estudio.....	15
3.5. Técnicas de recolección de datos NOx.....	16
3.5.1. <i>Preparación de soluciones muestreadores</i> .....	17
3.5.1.1. <i>Solución captadora NO</i> .....	17
3.5.1.2. <i>Solución patrón</i> .....	17
3.5.1.3. <i>Solución stock</i> .....	17
3.5.1.4. <i>Reactivo Griess</i> .....	17
3.5.1.5. <i>Solución madre</i> .....	17
3.5.1.6. <i>Diluciones de la solución madre</i> .....	18
3.5.2. <i>Curva de Calibración</i> .....	18
3.6. Técnicas de recolección de datos SOx.....	19
3.6.1. <i>Solución captadora</i> .....	20
3.6.2. <i>Solución sobre saturada de cloruro de bario</i> .....	20
3.6.3. <i>Diluciones para la curva de calibración</i> .....	20
3.7. Ubicación de tubos muestreadores.....	21
3.8. Análisis espectrofotómetro.....	21
3.8.1. <i>Cálculos de concentración NOx</i> .....	21
3.9. Análisis espectrofotómetro.....	22
3.10. Cálculos de concentración SOx.....	22
3.11. Concentración ambiental corregida NOx y SOx.....	23
3.12. Elaboración de mapas.....	23

### CAPÍTULO IV

4. RESULTADOS.....	24
4.1. Puntos de muestreo en las zonas de estudio.....	24
4.2. Concentraciones de NOx y SOx.....	27
4.2.1. <i>Dióxidos de Nitrógeno</i> .....	27
4.2.1.1. <i>Población aledaña Estación Sacha Norte 1</i> .....	28

4.2.1.2. Población aledaña Sacha Norte 2 .....	29
4.2.1.3. Población aledaña Sacha Sur.....	31
4.2.2. <i>Dióxidos de azufre</i> .....	33
4.2.2.1. Población aledaña Sacha Norte 1 .....	33
4.2.2.2. Población aledaña Sacha Norte 2 .....	35
4.2.2.3. Población aledaña Estación Sacha Sur.....	36
<b>4.3. Promedios generales de las poblaciones aledañas a las estaciones petroleras .....</b>	<b>38</b>
4.3.1. <i>NOx</i> .....	39
4.3.2. <i>SOx</i> .....	39
<b>4.4. Mapas de dispersión. ....</b>	<b>40</b>
4.4.1. <i>Óxidos de nitrógeno NOx</i> .....	41
4.4.2. <i>Óxidos de azufre SOx</i> .....	44
<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>48</b>
<b>RECOMENDACIONES.....</b>	<b>49</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	
<b>ANEXOS</b>	

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tablas 1.2:</b>	Composición gaseosa de la atmósfera.....	5
<b>Tablas 2.2:</b>	Contaminantes atmosféricos.....	7
<b>Tablas 3.2:</b>	Dióxidos de nitrógeno. ....	8
<b>Tabla 1-3:</b>	Materiales y Sustancias para la preparación de reactivos NOx.....	16
<b>Tabla 2-3:</b>	Absorbancias y concentraciones - Curva de Calibración NOx. ....	18
<b>Tabla 3-3:</b>	Materiales y Sustancias para la preparación de reactivos SOx. ....	19
<b>Tabla 4-3:</b>	Concentraciones y absorbancias – Curva de calibración de SOx.....	20
<b>Tablas 1.4:</b>	Coordenadas de los puntos de monitoreo para NOx y SOx en la población Sacha Norte 1.....	24
<b>Tablas 2.4:</b>	Coordenadas de los puntos de monitoreo para NOx y SOx en la población Sacha Norte 2.....	25
<b>Tablas 3.4:</b>	Coordenadas de los puntos de monitoreo para NOx y SOx en la Estación Sacha Sur.....	26

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1-2:</b>	Mecheros petroleros presentes en la amazonia ecuatoriana. ....	12
<b>Figura 1-3:</b>	Estaciones Petroleras a Monitorear.....	16
<b>Figura 1-4:</b>	Mapa de ubicación de la Estación Sacha norte 1. ....	25
<b>Figura 2-4:</b>	Mapa de ubicación de la Estación Sacha norte 2 .....	26
<b>Figura 3-4:</b>	Mapa de ubicación de la Estación Sacha sur. ....	27
<b>Figura 4-4:</b>	Mapa de Concentración de NOx en la población aledaña a la Estación Sacha Norte 1.....	41
<b>Figura 5-4:</b>	Mapa de Concentración de NOx en la población aledaña a la Estación Sacha Norte 2.....	42
<b>Figura 6-4:</b>	Mapa de Concentración de NOx en la población aledaña a la Estación Sacha Norte 2.....	43
<b>Figura 7-4:</b>	Mapa de Concentración de SOx en la población aledaña a la Estación Sacha Norte 1.....	44
<b>Figura 8-4:</b>	Mapa de Concentración de NOx en la población aledaña a la Estación Sacha Norte 2.....	45
<b>Figura 9-4:</b>	Mapa de Concentración de NOx en la población aledaña a la Estación Sacha Norte 2.....	46

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

<b>Gráfico 1-3:</b> Curva de calibración NOx. ....	19
<b>Gráfico 2-3:</b> Curva de calibración SOx. ....	21
<b>Gráfico 1-4:</b> Concentración de NOx en la población de Sacha Norte 1. ....	28
<b>Gráfico 2-4:</b> Concentración promedio de NOx en relación a los puntos de muestreo Sacha Norte 1. ....	29
<b>Gráfico 3-4:</b> Concentración de NOx en la población Sacha Norte 2. ....	30
<b>Gráfico 4-4:</b> Concentración promedio de NOx en relación a los puntos de muestreo Sacha Norte 2. ....	31
<b>Gráfico 5-4:</b> Concentración de NOx en la población Sacha Sur. ....	32
<b>Gráfico 6-4:</b> Concentración promedio de los puntos de muestreo de Sacha Sur. ....	33
<b>Gráfico 7-4:</b> Concentración ambiente medida de SO <sub>x</sub> población contigua a la Estación Sacha Norte 1. ....	33
<b>Gráfico 8-4:</b> Concentración promedio de SOx en la población contigua a la Estación Sacha Norte 1. ....	34
<b>Gráfico 9-4:</b> Concentración ambiente de SO <sub>2</sub> por punto en la población Sacha Norte 2. ....	35
<b>Gráfico 10-4:</b> Concentración promedio de SOx por punto en la población contigua a la Estación Sacha Norte 2. ....	36
<b>Gráfico 11-4:</b> Concentración ambiente de SO <sub>2</sub> por punto en la población Sacha Sur. ....	37
<b>Gráfico 12-4:</b> Concentración promedio de SO <sub>2</sub> por punto en la población contigua a la Estación Sacha Sur. ....	38
<b>Gráfico 13-4:</b> Concentraciones Promedios de las tres poblaciones aledañas a mecheros petroleros. ....	39
<b>Gráfico 14-4:</b> Concentraciones Promedio de SOx en las tres poblaciones aledañas a mecheros petroleros. ....	40

## ÍNDICE DE ECUACIONES

<b>Ecuación 1-3:</b> Masa total de las soluciones patrón .....	22
<b>Ecuación 2-3:</b> Concentración ambiente NO <sub>x</sub> .....	22
<b>Ecuación 3-3:</b> Concentración de SO <sub>x</sub> ambiente .....	22
<b>Ecuación 4-3:</b> Concentración ambiental corregida NO <sub>x</sub> y SO <sub>x</sub> .....	23

## **ÍNDICE DE ANEXOS**

**ANEXO A: PREPARACIÓN DE CAPTADORES PASIVOS**

**ANEXO B: PREPARACIÓN DE CAPTADORES PASIVOS**

**ANEXO C: UBICACIÓN DE LOS MUESTREADORES**

**ANEXO D: ANÁLISIS DE LAS MUESTRAS**

## ÍNDICE DE ABREVIATURAS

<b>km<sup>2</sup>:</b>	Kilómetro cuadrado
<b>L:</b>	Litros
<b>mL:</b>	Mililitro
<b>NEDA:</b>	Naftilamina
<b>NO<sub>x</sub>:</b>	Óxidos de nitrógeno
<b>SO<sub>x</sub>:</b>	Óxidos de azufre
<b>TEA:</b>	Trietanolamina
<b>UV:</b>	Ultravioleta
<b>VIS:</b>	Visible
<b>µg:</b>	Microgramo

## RESUMEN

El objetivo del trabajo de titulación fue evaluar mediante muestreadores pasivos la concentración de NOx y SOx en poblaciones contiguas a mecheros petroleros en la Provincia de Orellana y de esta manera obtener datos de la cantidad de concentración recibida por los habitantes en estas zonas. Los puntos de muestreo se distribuyeron en las tres poblaciones contiguas a mecheros petroleros; veinte en la población de Sacha Norte 1, donde se ubicaron diez puntos para NOx y diez para SOx; Sacha sur contó con once NOx y once de SOx y en Sacha Norte 2 se ubicaron 24 puntos para NOx y SOx. Se ubicaron los muestreadores pasivos preparados en el laboratorio del GADPO a 700 metros cuadrados a la redonda y se colocaron en un rango entre los 2 a 4 m sobre el suelo en lugares adyacentes a las viviendas. Los muestreadores pasivos captan NOx y SOx por medio de una solución de trietanolamina, N-butanol y agua destilada, los cuales fueron monitoreados durante 8 semanas y analizados por AQUAMATE PLUS UV-VIS para establecer sus concentraciones. Consecutivamente se realizaron las correcciones de los datos mediante las fórmulas de masa total, cálculo de concentración y concentración de ambiente corregida. Los resultados indican que la población de Sacha Sur presentó valores máximos especialmente en la semana 4 y 9, sin embargo las poblaciones de Sacha Norte 1 y Sacha Norte 2 mantuvieron datos muy similares tanto en sus niveles máximos y mínimos. Se recomienda continuar ejecutando este tipo de análisis a través del tiempo para ver como las concentraciones van modificándose tomando en cuenta factores meteorológicos y complementar el estudio con fuentes fijas y móviles de emisión de SOx y NOx que permitan establecer la relación directa de la contaminación atmosférica entre la concentración y la fuente de origen.

**Palabras clave:** <MECHEROS PETROLEROS>, <ORELLANA (PROVINCIA)>, <CAPTADORES PASIVOS>, <DIÓXIDOS DE NITRÓGENO>, <DIÓXIDO DE AZUFRE>, <ESPECTROFOTÓMETRO UV-VISIBLE >.



1500-DBRA-UTP-2022

## SUMMARY

The aim of this graduation work was to evaluate the concentration of NO<sub>x</sub> and SO<sub>x</sub> in population adjacent to oil gas burners located in Orellana province, this was carried out by means of passive samplers which allowed obtaining data on the amount of concentration which affects the inhabitants in these areas. The sampling points were distributed in the three towns located near the oil wells; twenty in Sacha Norte 1, where ten points were randomly selected for NO<sub>x</sub> and ten for SO<sub>x</sub>; Sacha Sur had eleven points for NO<sub>x</sub> and eleven for SO<sub>x</sub> and Sacha Norte 2 had 24 selected points for both, NO<sub>x</sub> and SO<sub>x</sub>. Passive samplers prepared in the GADPO laboratory were placed 700 square meters around the area and were placed in a range from 2 to 4 m above the ground in places close to the houses. The passive samplers absorb NO<sub>x</sub> and SO<sub>x</sub> by means of a triethanolamine, N-butanol and distilled water solution, these were monitored during 8 weeks and analyzed by AQUAMATE PLUS UV-VIS to establish their concentrations. Subsequently, data corrections were made through the total mass, concentration calculation and corrected environment concentration formulas. The results revealed that Sacha Sur population presented maximum values, especially during 4 and 9 weeks; however, the population of Sacha Norte 1 and Sacha Norte 2 had very similar data in their maximum and minimum levels. It is recommended to continue working on this type of analysis to see how the concentrations are changing, taking into account meteorological factors and complementing the study with fixed and mobile sources of SO<sub>x</sub> and NO<sub>x</sub> emissions to establish the direct relationship existing between air pollution concentration and the origin source.

**Keywords:**<OIL GAS BURNERS>, <ORELLANA (PROVINCE)>, <PASSIVE SAMPLERS>, <NITROGEN DIOXIDE>, <SULPHUR DIOXIDE>, <UV-VISIBLE SPECTROPHOTOMETER>.



**Lic. Paul Rolando Armas Pesantez. Mg**

**C.I. 0603289877**

## **INTRODUCCIÓN**

La intranquilidad mundial debido al cambio climático empieza cuando se advierte un calentamiento global del planeta, que está induciendo fenómenos como inundaciones y alteraciones en la ecología afectando a los capitales económicos de los países, sin embargo, este problema inicia cuando los gases de efecto invernadero bloquea la salida de los rayos solares. La acción del hombre ha incrementado que la emisión de estos gases sea en mayor cantidad debido a sus actividades diarias e industriales (Meza, 2006, p.13).

La industria petrolífera mantiene actividades en Ecuador desde 1972 generando fuentes de empleo, capitales económicos para el país y la localidad de la provincia de Orellana, esta provincia ha acarreado impactos ambientales y problemas a la salud de sus habitantes (Moolgavkar,2013). En la actualidad la quema del gas producto de los diferentes procesos para la obtención del petróleo es uno de los principales inconvenientes para los moradores aledaños a las estaciones petroleras, el Banco Mundial señala en su iniciativa Cero quema rutinaria para el 2030, comoproducto de las actividades petroleras en la actualidad se quema 140 mil millones de metros cúbicos de gas al año, en nuestro país, Petroecuador ha quemado aproximadamente 527,124 millones de cilindros de gas en 25 años y en 26 años de operación de Texaco emitió 240.776 millones de cilindros de gas (Moran, 2019, p. 13).

El Colectivo Eliminen los Mecheros, que Encendemos la Vida publicado en enero del 2020 que existen 447 mecheros en la Amazonía, la mayor cantidad se encuentran en la provincia de Orellana con un total de 232. Los SO<sub>x</sub> y NO<sub>x</sub> son contaminantes expulsados en el momento de la combustión del gas.

Los dióxidos de azufre y nitrógeno son precursores para la generación de la lluvia ácidos y en enfermedades cancerígenas. Los últimos informes de Agencia Internacional de Investigación sobre el Cáncer mencionan que, en 2010, se produjeron 223 000 víctimas de cáncer de pulmón a nivel mundial debido a la contaminación del aire (IARC, 2013, p. 2).

Se debe mencionar que una inhalación prolongada de los derivados de NO<sub>x</sub> y SO<sub>x</sub> pueden causar enfermedades cardiorrespiratorias, problemas respiratorios (Alfaro, 2020, p.9). En los animales pueden causar abortos, irritación en la mucosa e incluso se puede dar modificaciones en su ciclo biológico.

### **Justificación**

En la actualidad no se conoce de un control de emisiones atmosféricas mediante captadores pasivos en las zonas aledañas a mecheros petroleros, por lo serán de gran ayuda tanto para investigaciones futuras y para la determinación de las concentraciones que en la actualidad se están receptando los habitantes de estas zonas

Para la ejecución del proyecto se realizará mediante la utilización de captadores pasivos, estos captadores se obtendrá semanalmente datos de la concentración de SO<sub>x</sub> y NO<sub>x</sub>. Los resultados obtenidos serán confiables debido a que se realizará con datos reales de los captadores pasivos y se contribuirá así con una base de datos conociendo de esta forma el nivel de contaminación presente.

Mediante esta investigación se conocerán las zonas con mayor concentración y la cantidad de contaminantes en que se encuentran expuestos los habitantes. Brindará soporte para la aplicación de políticas ambientales tanto en los gobiernos autónomos como en las empresas implicadas.

## CAPÍTULO I

### 1. DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA

#### 1.1. Antecedentes de la investigación

En la actualidad existen métodos e instrumentos que ayudan a conocer valores de contaminación atmosférica de las diferentes industrias.

Los muestreadores pasivos utilizados en el distrito Puente Piedra han ayudado a determinar concentraciones de Dióxido de nitrógeno y su influencia en las diferentes enfermedades respiratorias presentes en niños menores de 5 años. El muestreador pasivo es utilizado en tubos de ensayo y su principal compuesto es la trietanolamina, se debe colocar en un lapso de 7 días. Los tubos ya muestreados se someterán a pruebas estadísticas que manifiesten una respuesta favorable a lo investigado (Mendoza 2017, p.70).

Para la presente fecha se han realizado innumerables muestreos con pasivo dentro del Ecuador, se puede mencionar la “Distribución espacial del azufre en la atmósfera del estuario interior del Golfo de Guayaquil” donde tienen la presencia de termoeléctricas, envasadora de gas doméstico, Holcim y una de las principales fuentes económicas de Guayaquil, su puerto marítimo; para ello se utilizaron en esta áreas un total de diecinueve muestreadores donde su principal objetivo es determinar el grado de contaminación de azufre (Quevedo y Calderón, 2018, p.5).

Castillo (2017, p.9) en el proyecto de investigación El derecho a la salud de los habitantes del Cantón Lago Agrio y la explotación petrolera menciona que los derechos planteados por la Constitución de la República del Ecuador son vulnerados desde las compañías petroleras a los habitantes de las zonas donde realizan sus actividades petrolíferas por sus diferentes actividades de extracción y obtención del petróleo. De acuerdo con los diferentes procesos de remediación no existe compromiso por parte de las petroleras afectando así a la salud de sus habitantes aledaños, se debe recalcar que el recurso aire es el más afectado ya que no existe un control constante de monitoreo por el gas que se quema constantemente (Becerra et al. 2013, p.10), amplía que los habitantes de Dayuma (parroquia de Francisco de Orellana) en el tema de las contaminaciones petroleras como una amenaza para su salud tanto actual como futura, relacionando con problemas a los pulmones y cáncer, pero existen habitantes que desconocen del tema. El PRAS en el 2008 indica seis factores (mecheros, pozos, refinerías, generadores eléctricos y derrames) principales que perturban la calidad de vida de las poblaciones y el ecosistema.

## **1.2. Objetivos**

### **Objetivo General**

Evaluar mediante muestreadores pasivos la concentración de NOx y SOx en poblaciones contiguas a mecheros petroleros en la Provincia de Orellana.

### **Objetivos Específicos**

- Establecer los puntos de muestreo en cada una de las zonas de estudio Sacha Norte 1, Sacha sur y Sacha Norte 2.
- Determinar las concentraciones de NOx y SOx en la zona de estudio a partir de muestreadores pasivos.
- Identificar las zonas donde existe mayor concentración de contaminantes.

## CAPÍTULO II

### 2. REVISIÓN DE LA LITERATURA

#### 2.1. Atmósfera

Capa formada en un 99.98% de gases, los principales nitrógenos y oxígeno, partículas sólidas y líquidas. Tiene un espesor de aproximadamente 10.000 Km. Se mencionan que en la atmósfera se producen actividades climáticas y meteorológicas que hacen alterar la naturaleza del planeta, también se encarga de regular la salida e ingreso de energía a la tierra (Barry y Chorley 2007, p.15).

**Tabla 1-2:** Composición gaseosa de la atmósfera

SUSTANCIA	FÓRMULA QUÍMICA	PORCENTAJE EN MASA	PORCENTAJE EN VOLUMEN
Nitrógeno	N <sub>2</sub>	75.51	78,08
Oxígeno	O <sub>2</sub>	23.14	20,95
Argón	Ar	1.3	0.93
Dióxido de carbono	CO <sub>2</sub>	0.05	3.50x10 <sup>-2</sup>
Neón	Ne	1.2x10 <sup>-3</sup>	18x10 <sup>-4</sup>
Helio	He	8 x10 <sup>-4</sup>	5x10 <sup>-4</sup>
Kriptón	Kr	2.9x10 <sup>-4</sup>	1x10 <sup>-4</sup>
Hidrógeno	H <sub>2</sub>	0.35x10 <sup>-5</sup>	5x10 <sup>-5</sup>
Óxido nitroso	N <sub>2</sub> O	4.6 x10 <sup>-5</sup>	3x10 <sup>-5</sup>
Monóxido de carbono	CO	1x10 <sup>-5</sup>	1x10 <sup>-5</sup>
Xenón	Xe	3.6x10 <sup>-5</sup>	8,7x10 <sup>-6</sup>
Ozono	O <sub>3</sub>	0.17x10 <sup>-5</sup>	1x10 <sup>-6</sup>
Dióxido de nitrógeno	NO <sub>2</sub>	1.7x10 <sup>-7</sup>	2x10 <sup>-6</sup>
Yodo	I <sub>2</sub>	-	1x10 <sup>-6</sup>
Metano	CH <sub>4</sub>	8.3x10 <sup>-5</sup>	1.79x10 <sup>-4</sup>
Radón	Rn	-	6x10 <sup>-18</sup>
Vapor de agua	H <sub>2</sub> O	0 - 4	0 - 7
Amoniaco	NH <sub>3</sub>	-	Trazas

Fuente: Barry y Chorley, 2007, p. 60

### **2.1.1. Capas de la atmósfera**

La atmósfera por sus diferentes características que presenta se divide en 5 capas, la principal característica es la temperatura, cuenta con tres capas calientes y dos frías, sin embargo, mediante las radiosondas y las diferentes investigaciones verificadas con ondas de radio, satélites, entre otros, se ha confirmado la presencia de esta estructura (Barry y Chorley 2007, p. 66).

División de la capa atmosférica:

- **Tropósfera:** Es la capa más interna de la atmósfera, se amplía desde el suelo hasta aproximadamente una altura entre 9 y 15 km, su temperatura desciende a razón que la altura va incrementando, esta capa se producen los fenómenos atmosféricos (Barry y Chorley 2007, p.67).
- **Estratósfera:** Conocida como capa de ozono puesto que es la capa con mayor porcentaje de ozono, se eleva hasta una altura comprendida entre los 50 km y su principal función es evitarla filtración de los rayos ultravioleta (Barry y Chorley 2007, p.69; Cuevas, 2019, p.11).
- **Mesósfera:** se eleva por encima de los 80 km, su temperatura puede alcanzar hasta  $-90^{\circ}\text{C}$  en 80 km. En esta capa se pueden observar las nubes luminosas, y tiene presencia de partículas meteóricas (Barry y Chorley, 2007, p.70).
- **Termósfera:** Se extiende entre 80 y 750 km, en esta capa la densidad atmosférica es mínimas, su parte inferior está compuesta por  $\text{N}_2$  y  $\text{O}_2$ ,  $\text{O}$ , su parte superior se encuentra  $\text{N}_2$  y  $\text{N}$  (Barry y Chorley, 2007, p.13).
- **Exósfera:** Capa más externa (mayor a 750 km) no existe la ley de los gases, se considera como una zona de transición entre el espacio y la tierra (Barry y Chorley, 2007, p.14).

### **2.2. Contaminación atmosférica**

La contaminación atmosférica se produce por las alteraciones que tienen efectos adversos en el ecosistema resultantes de las diferentes actividades antropogénicas o procesos naturales que alteran el confort, bienestar y salud de los seres vivos. Existen numerosos factores que son promotores de dicha contaminación entre ellos están la explotación de los recursos naturales, la masificación que incrementa la industrialización y reducción de los espacios verdes (OMS, 2021, p. 54).

### 2.2.1. Clasificación de la contaminación atmosférica

Por su origen:

- Natural: Producida por incendios forestales, erupciones volcánicas, tormentas y procesos biológicos.
- Antropogénica: Incitada por emisiones a la atmósfera de las diferentes industrias, tecnologías de combustión vehicular, entre otros (Ministerio del Medio Ambiente 2016, p.13).
- Evolución en la atmósfera:
- Contaminantes primarios: Contaminantes originarios de la fuente directa de emisión.
- Contaminantes secundarios: Compuestos producidos en la atmósfera por reacciones químicas entre los contaminantes primarios originados en mayor parte por fuentes antropogénicas y los principales oxidantes atmosféricos con intervención de la radiación solar (Ministerio del Medio Ambiente, 2016, p. 13).

### 2.2.2. Fuentes contaminantes atmosféricas

Las fuentes de emisión de los contaminantes pueden ser:

**Fuentes Artificiales**, son fuentes de contaminación más persistentes en el ambiente.

- Fuentes fijas: es toda aquella fuente de emisión en la que se puede identificar el punto exacto de dispersión de contaminantes esparcidos a la atmósfera.
- Fuentes móviles: son aquellas fuentes que se desplazan, se relacionan a las emisiones de gases de diferentes tipos de transporte.

**Fuentes Naturales**: pueden ser de mayor magnitud, pero son menos persistentes con el tiempo. Se originan de actividades de la naturaleza (Ministerio del Medio Ambiente, 2016, p.11).

### 2.2.3. Principales contaminantes

**Tabla 2-2:** Contaminantes atmosféricos

Contaminantes	Representación	Formación	Estado físico	Fuente
Partículas en suspensión: PM10, Humos negros	PM	Primaria y secundaria	Sólido, líquido	Vehículos Procesos industriales Humo de tabaco
Dióxido de azufre	SO <sub>2</sub>	Primaria	Gas	Procesos industriales.

				Vehículos.
Dióxido de nitrógeno	NO <sub>2</sub>	Primaria y secundaria	Gas	Vehículos. Estufas y cocinas de gas
Monóxido de carbono	CO	Primaria	Gas	Vehículos. Combustiones en interiores. Humo de tabaco
Compuestos orgánicos volátiles	COVs	Primaria y secundaria	Gas	Vehículos. Industrias Combustiones en interiores. Humo de tabaco
Plomo	Pb	Primaria	Sólido	Vehículos. Industrias
Ozono	O <sub>3</sub>	Secundario	Gas	Vehículos. Foto-oxidación de NO <sub>x</sub> y COVs.

Fuente: Ballester, 2005, p.2

#### 2.2.4. Óxidos de nitrógeno

Los óxidos de nitrógeno están formados por la unión del nitrógeno y oxígeno, entre los óxidos de nitrógeno se incluyen NO, NO<sub>2</sub>, NO<sub>3</sub>, N<sub>2</sub>O y N<sub>2</sub>O<sub>5</sub>. Los más significativos como contaminantes el óxido nítrico y el dióxido de nitrógeno que son distinguidos como NO<sub>x</sub>. Se producen principalmente en la incineración de productos fósiles, tienen un índice bastante complicado en la contaminación ambiental por lo que tienen la capacidad de formar compuestos más dañinos como el HNO<sub>2</sub> y el HNO<sub>3</sub>. Los conocidos NO<sub>x</sub> abarca a NO y NO<sub>2</sub>, siendo en los gases expuestos alrededor de un 90 % NO y el restante NO<sub>2</sub> (Ferrer, 2010, p.10).

**Tabla 3-2:** Dióxidos de nitrógeno

Óxidos de nitrógeno	Fórmula química	Característica contaminante.	Origen
Óxido nitroso	N <sub>2</sub> O	Gas incoloro. Contribuye al efecto invernadero. Favorece a la pérdida de la capa de ozono.	Naturales. Actividad biológica de las bacterias
Monóxido de nitrógeno	NO	Gas incoloro, insípido e inodoro, muy tóxico.	Natural. Antropogénicas
Dióxido de nitrógeno	NO <sub>2</sub>	Gas pardo rojizo, no inflamable tóxico y olor asfixiante.	Oxidación del NO.

<i>Trióxido de nitrógeno</i>	NO <sub>3</sub>	Gas inestable. Ayuda en la formación de NO y NO <sub>2</sub> .	----
<i>Tetraóxido de dinitrógeno</i>	N <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	Gas inestable. Se descompone y forma NO <sub>2</sub> .	----
<i>Pentóxido de di nitrógeno</i>	N <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Gas inestable Al descomponerse forma NO <sub>2</sub> y NO	----
<i>Trióxido de di nitrógeno</i>	N <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Gas altamente inestable Se descompone ligeramente	----

Fuente:Uzcátegui, 2010. P, 30

### 2.2.5. Óxidos de azufre

Se los conoce por ser un gas incoloro, dentro de este grupo se considera al Dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>) para la determinación de contaminación. La principal fuente de contaminante se encuentra en la quema de combustibles fósiles, tomando en cuenta que el contenido de azufre es de igual proporción a la que se encuentra presente en el combustible(Guerra, 2009, p.24).

Jaramillo y Jaramillo(2021, p.6), menciona que elácido sulfúrico dentro de los derivados del azufre es principal causante de la lluvia ácida marca pH por debajo de 5,6 puede llegar a 2,5 y a casos extremos de 1.0, ya que proviene de la oxidación que se da del SO<sub>2</sub> a SO<sub>3</sub> y la reacción con el agua.

### 2.3. Gas natural

Se representa como una mezcla de hidrocarburos livianos ubicados en el subsuelo continental o marino. Con la acumulación de sedimentos se formaron capas de roca; la presión causada por el peso sobre estas capas y el calor de la tierra, transformaron el material orgánico lentamente en petróleo crudo y en gas natural. Este gas se almacenó en bolsas a través la porosidad de las rocas subterráneas o estuvo atrapado debajo de la tierra por rocas sólidas que imposibilitan la fluidez y forman yacimientos, los mismo que en su parte más alta cuentan con una capa de gas. La presión practicada por la capa de gas sobre la del petróleo, representa el mecanismo que favorece al flujo natural del petróleo hacia la superficie a través de los pozos. Cuando baja la presión y el petróleo ya no puede subir espontáneamente, se puede introducir gas desde la superficie a la capa de gas, intensificando con ello la presión y recuperando volúmenes adicionales de petróleo, siempre y cuando todo el proceso se realice dentro de lo establecido (Almeida et al. 2020, p. 21).

### **2.3.1. Composición del gas natural**

Almeida et al (2020, p. 21) la composición del gas natural es una combustión de elementos propios de la naturaleza de origen orgánica e inorgánica y se clasifican en:

- Los combustibles: dentro de este grupo tenemos los hidrocarburos (Metano hasta el Heptano). Sin embargo, el Metano se encuentra en mayor proporción en la mezcla.
- Diluyentes: son compuestos inactivos, no combustibles: se consideran así aquellos agentes que reducen el poder calorífico presente en el gas natural, en este grupo se encuentra el CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>, Vapor de Agua, He, Ar, Kr, Xe, etc.

Los contaminantes del gas natural: H<sub>2</sub>S, CS<sub>2</sub>, Sulfuro de Carbonilo, Mercaptanos, Azufre orgánico y libre. Dentro de este grupo algunos pueden llegar a tener una actividad tóxica y dañina para el medio ambiente.

### **2.3.2. Emisiones de la quema de gas**

Se produce una gran cantidad de hidrocarburos cuando se queman soluciones de residuos de petróleo-gas y petróleo-gas-agua. El gas natural, el propano, el etileno, el propileno, el butadieno y el butano constituyen el 95 % de los gases residuales quemados.

Además, según la composición de los gases residuales y otros factores, las emisiones de contaminantes de la quema en antorcha pueden consistir en componentes de combustible no quemados (p. ej., metano y compuestos orgánicos volátiles distintos del metano), subproductos del proceso de combustión (p. ej., hollín, combustible parcialmente quemado productos, CO, CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>) y óxidos de azufre (Khaireyab, 2009, p. 28).

### **2.3.3. Quema de gas**

La quema ineficiente libera combustible crudo. La quema es un proceso de oxidación a alta temperatura que se utiliza para quemar componentes combustibles, principalmente hidrocarburos, de gases residuales de operaciones industriales. La quema en antorcha es ineficiente y la combustión se ve más afectada por los vientos ambientales y el poder calorífico del combustible. Los sistemas de quema de gas se instalan en campos de producción de plataformas en tierra y mar adentro, en barcos de transporte y en instalaciones portuarias, en parques de tanques de almacenamiento y a lo largo de tuberías de distribución (Khaireyab, 2009, p.30).

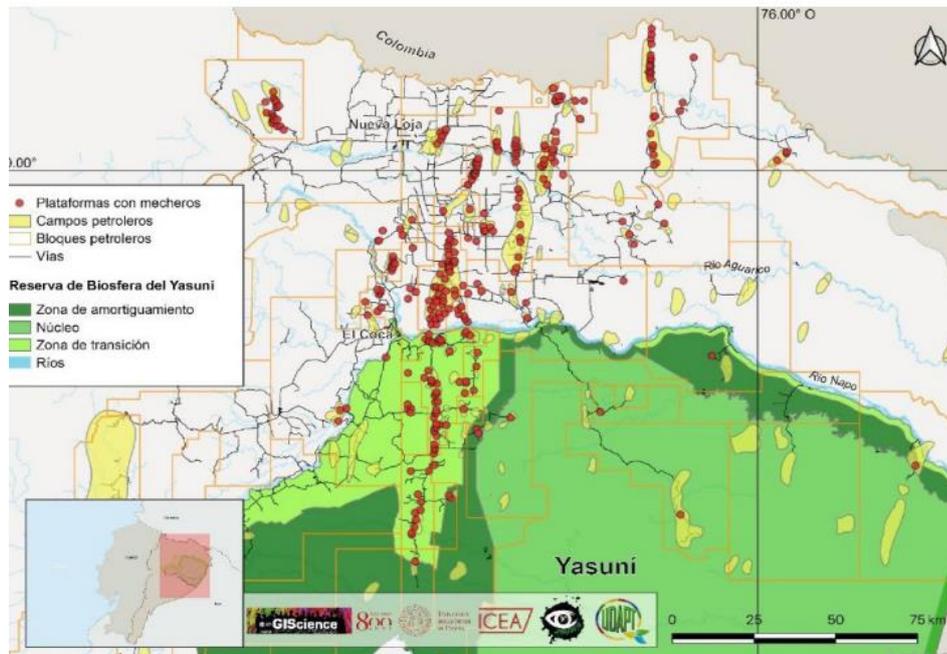
#### **2.3.4. Composición de la quema de gas**

Generalmente, la quema de gas consistirá en una mezcla de diferentes gases. La composición dependerá de la fuente del gas que vaya al sistema de antorcha. Los gases asociados liberados durante la producción de petróleo y gas contienen principalmente gas natural. El gas natural es más del 90 % de metano (CH<sub>4</sub>) con etano y una pequeña cantidad de otros hidrocarburos; También pueden estar presentes gases inertes como N<sub>2</sub> y CO<sub>2</sub>. La quema de gas de las refinerías y otras operaciones de proceso comúnmente contendrá una mezcla de hidrocarburos y, en algunos casos, H<sub>2</sub>. Sin embargo, el gas de vertedero, biogás o gas digestor es una mezcla de CH<sub>4</sub> y CO<sub>2</sub> junto con pequeñas cantidades de otros gases inertes. De hecho, no existe una composición estándar y, por lo tanto, es necesario definir algún grupo de gas quemado de acuerdo con los parámetros reales del gas. Cambiar la composición del gas afectará las capacidades de transferencia de calor del gas y afectará el rendimiento de la medición por medio del medidor de flujo (Khaireyab, 2009, p.33).

#### **2.4. Ecuador y la producción de petróleo**

En el año de 1964 las jurisdicciones ecuatorianas accedieron a un contrato para la exploración y explotación petrolera en la parte Norte de la Amazonía. Fue publicado en el Registro Oficial del 21 de febrero de 1964, entre el Gobierno del Ecuador y la Empresa Texas Petroleum Company y la concesionaria Gulf, contemplaba una concesión hidrocarburífero de un millón cuatrocientos cincuenta mil hectáreas, en las provincias de Napo y Pastaza. Esa área disminuyó debido a que, en 1965, también mediante decreto, se estableció que el límite de las áreas para exploración petrolera sería de 500 mil hectáreas y, para la explotación, 250 mil (Almeida et al. 2020, p.9).

El elemento de vida más importante que se ha afectado al desarrollar la actividad hidrocarburífero de forma inadecuada es el agua. La superficial, esteros, de ríos, lagos o pantanos, se ha visto perjudicada. Al construir las piscinas para almacenar desechos tóxicos hidrocarburífero sin colocar geomembrana para evitar la migración de lixiviados, se afectó y afecta el agua subterránea. Siendo así una de las prácticas más defectuosas la reinyección del agua de formación. Supuestamente la única fuente de agua limpia que permanecía era el agua lluvia, pero se ve afectada al realizarse la combustión del gas en los mecheros, por ende, no existe agua limpia para el consumo humano ni para la rehabilitación de la vida. El gas que se quema tiene numerosos compuestos tóxicos que, al no consumirse, generan una grave contaminación al ambiente, contribuyen al calentamiento global, afectan la existencia de la biodiversidad, contaminan el agua lluvia, afectan a la salud de las personas, agravan la economía de las familias y empobrecen el bosque (Gómez, 2016, p.77).



**Figura 1-2:** Mecheros petroleros presentes en la amazonia ecuatoriana.

Fuente: Almeida et al, 2020d, p.17.

Jaramillo y Jaramillo(2021, p.5)en la región amazónica existen aproximadamente 447 fuentes de contaminación establecidas y georreferenciadas, distribuidas en 4 provincias siendo así, 210 en Sucumbíos, 232 en Orellana, Napo 2 y Pastaza 3, por otra parte, se encuentran observando 125 mecheros que no cuentan con registros en la página web del Ministerio del ambiente, por último se debe recalca que a estos números se debe añadir aquellos mecheros que las empresas petroleras colocan de manera provisional, nombrados “mecheros móviles”, los que en ocasiones son instalados en zonas urbanas.

## 2.5. Muestreadores pasivos

Primer Simposio Internacional sobre Muestreo Difusivo", el mismo que se desarrolló en Luxemburgo, menciona que: “Un difusor pasivo es un dispositivo capaz de captar muestras de contaminantes de gas o de vapor de la atmósfera, con una velocidad vigilada por un proceso físico como la expansión a través de una capa de aire estático, o de permeación a través de una membrana, sin la participación de un corriente activo de aire a través del captador(Canciano et al. 2017, p.4)

## **2.6. Normativa vigente**

### **2.6.1. Anexo 4**

#### **ANEXO 4 DEL LIBRO VI DEL TEXTO UNIFICADO DE LEGISLACIÓN SECUNDARIA DEL MINISTERIO DEL AMBIENTE**

#### **NORMA DE CALIDAD DEL AIRE AMBIENTE O NIVEL DE INMISIÓN LIBRO VI ANEXO 4 NORMA DE CALIDAD DEL AIRE AMBIENTE O NIVEL DE INMISIÓN LIBRO VI ANEXO 4 4. REQUISITOS**

##### **4.1 Norma de calidad de aire ambiente**

##### **4.1.3 De los planes de alerta, alarma y emergencia de la calidad del aire**

**4.1.3.1** La Autoridad Ambiental de Aplicación Responsable acreditada ante el Sistema Único de Manejo Ambiental establecerá un Plan de Alerta, de Alarma y de Emergencia ante Situaciones Críticas de Contaminación del Aire, basado en el establecimiento de tres niveles de concentración de contaminantes. La ocurrencia de estos niveles determinará la existencia de los estados de Alerta, Alarma y Emergencia.

**4.1.3.2** Se definen los siguientes niveles de alerta, de alarma y de emergencia en lo referente a la calidad del aire. Cada uno de los tres niveles será declarado por la Autoridad Ambiental de Aplicación responsable acreditada ante el Sistema Único de Manejo Ambiental cuando uno o más de los contaminantes criterio indicados exceda la concentración establecida en la (Tabla 1) o cuando se considere que las condiciones atmosféricas que se esperan sean desfavorables en las próximas 24 horas(MAAE-Acuerdo Ministerial 097-A, 2015, p.55).

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

<b>CONTAMINANTE Y PERIODO DE TIEMPO</b>	<b>ALERTA</b>	<b>ALARMA</b>	<b>EMERGENCIA</b>
<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

**Figura 2-2:**Tabla de concentraciones de contaminantes criterio.

Fuente :MAAE-Acuerdo Ministerial 097-A, 2015, p. 56

## 2.6.2. LEY DE HIDROCARBUROS

### Capítulo IV

#### Petróleo Crudo y Gas Natural

**Art. 39.-** Los excedentes de gas que no utilizen en PETROECUADOR ni los contratistas o asociados, o que no pudieren ser reinyectados en los respectivos yacimientos, serán motivo de acuerdos especiales o se estará a lo que dispongan los reglamentos. Los contratistas o asociados no podrán desperdiciar el gas natural, arrojándolo a la atmósfera o quemándolo, sin autorización de la Secretaría de Hidrocarburos. Nota: Artículo reformado por Ley No. 0, publicada en Registro Oficial Suplemento 244 de 27 de Julio del 2010(Hidrocarburos, 2018, p.22)

## CAPÍTULO III

### 3. MARCO METODOLÓGICO

#### 3.1. Tipo de Investigación

Por el método de investigación cuantitativa, según el objetivo aplicada, según el nivel de profundización en el objeto de estudio descriptivo, según la manipulación de variables no experimental, según el tipo de inferencia deductiva, según el periodo temporal transversal.

#### 3.2. Localización del Estudio

Se realizó en la provincia de Orellana, ubicada al norte de la amazonia ecuatoriana, limita con las provincias de Sucumbíos (norte), Pastaza (sur), Napo (oeste) y Perú (este). Cuenta con una superficie de 21.730,05 km<sup>2</sup>. En la actualidad la provincia tiene cuatro cantones: Loreto, Aguarico, Joya de los Sachas y Puerto Francisco de Orellana su capital (GADPO, 2015, p.15)

Se selecciona como punto de monitoreo la estación Sacha Norte 1, Sacha Norte 2, y Sacha Sur; las mismas se encuentran ubicadas en el cantón de Joya de los Sachas, uno de los cantones con más presencia de estaciones petroleras dentro de la provincia.

#### 3.3. Ubicación del estudio

Se aplicará esta investigación en el sector del cantón La Joya de los Sachas, provincia de Orellana, población de la Estación Sacha Norte 2, cuyo referente es efectuar el monitoreo de NO<sub>x</sub> y SO<sub>x</sub>. Seguido en las afueras de la parroquia Joya de los Sachas alrededor de la Estación Sacha Norte 1 y finalmente en la parroquia Sam Carlos, estación Sacha Sur mediante la ilustración 1-3 se visualizan las poblaciones aledañas a monitorear. Estas tres estaciones monitoreadas en un rango de 700m en referencia del mechero petrolero.

#### 3.4. Población de estudio

La población de estudio será las localidades contiguas a estaciones petroleras con presencia de mecheros en: Sacha Norte 1, Sacha Norte 2 y Sacha Sur ubicados en el cantón Joya de los Sachas.



**Figura 1-3:**Estaciones Petroleras a Monitorear

**Realizado por:** Lalangui, Luz, 2022.

### 3.5. Técnicas de recolección de datos $NO_x$

En este trabajo se aplicó el muestreo pasivo mediante la técnica usada para los contaminantes de  $NO_x$  aplicada por Nieto (2019, p.33) en su trabajo referente a la contaminación ambiental en una zona urbana.

**Tabla 1-3:** Materiales y Sustancias para la preparación de reactivos  $NO_x$ .

Material de campo	Tubos de ensayo. Gradilla. Cooler. Escalera Tiras plásticas. Flexómetro.
Materiales de laboratorio	Pipeta de 10 ml Probeta de 250 mL. Refrigeradora. Frasco ámbar de 1L y 0,5 L. Balón de aforo de 1000 mL, 50 mL y 25 mL Balanza analítica. Vaso de precipitación 500 mL Espectrofotómetro AQUAMATE PLUS UV-VIS.
Sustancias y reactivos.	Trietanolamina. N- butanol.

	Agua destilada. Naftilamina (NEDA) Ácido acético 5N. Peróxido de hidrogeno Nitrito de sodio grado
--	---

Fuente: Cueva, 2017, p.93

### 3.5.1. *Preparación de soluciones muestreadores*

#### 3.5.1.1. *Solución captadora NO<sub>2</sub>*

Diluir 15 g de trietanolamina en 0,5 L de agua destilada y añadir 3 mL de N-butanol. Posteriormente aforar a 1 L de agua destilada. Colocar en una botella ámbar y (Cueva, 2017, p.32)

#### 3.5.1.2. *Solución patrón*

Se añade 1,5 g de nitrato de sodio en 1L de agua destilada.

#### 3.5.1.3. *Solución stock*

Tomar 10 mL de solución patrón y agregar en 250 mL de agua destilada, facilita una concentración de 40 µg de nitrito/ml. Almacenar en refrigeración en frasco ámbar, tiene un tiempo de duración 30 días (Cueva, 2017, p.32).

#### 3.5.1.4. *Reactivo Griess*

Consta de una solución A y B:

- Solución A: Diluir 0,64 g de ácido sulfanílico en 80 mL de ácido acético 5N.
- Solución B: Diluir 0,4 g de Nattilamina en 80 mL de ácido acético 5N.

Almacenar cada uno en un envase ámbar y mantener en refrigeración (Miranda, 2017, p.24)

#### 3.5.1.5. *Solución madre*

En un balón de aforo de 50 ml colocar 20 mL de la solución A y 2 mL de la solución B (reactivo Griess), 14 mL de solución absorbente, 6 mL de solución stock, 2 mL de peróxido de hidrogeno, y aforar con agua destilada (Cueva, 2017, p.39).

### 3.5.1.6. Diluciones de la solución madre

En matraces de 50 mL colocar volúmenes de 2, 4, 6, 8, 10 mL de la solución madre y aforar con agua destilada (Miranda, 2017, p. 32).

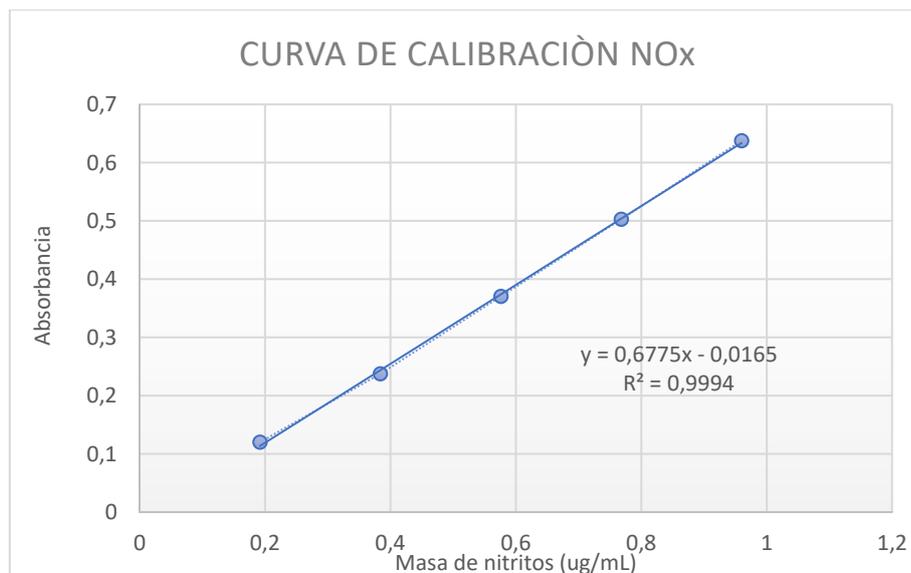
### 3.5.2. Curva de Calibración

La curva de calibración, es una representación gráfica cuantitativa en función dependiendo de la concentración del analito donde se prepara el blanco y se pone en el espectrofotómetro a 545 nm hasta obtener una lectura equivalente a cero, posteriormente colocar las cinco diluciones de la solución madre y realizar las lecturas respectivas. Mediante la tabla 2-2 se puede observar las concentraciones y un triplicado de las absorbancias para un posterior promedio de datos. (Calvache, 2018, p.5).

**Tabla 2-3:** Absorbancias y concentraciones - Curva de Calibración NOx

CONCENTRACIÓN TUBO (µg/mL)	ABSORBANCIA				
	R 1 (µg/mL)	R 2 (µg/mL)	R 3 (µg/mL)	R 4 (µg/mL)	PROMEDIO
0	0	0	0	0	0,000
0,192	0,119	0,12	0,121	0,12	0,120
0,384	0,237	0,235	0,24	0,238	0,238
0,576	0,372	0,37	0,37	0,37	0,371
0,768	0,504	0,502	0,503	0,502	0,503
0,96	0,641	0,635	0,638	0,637	0,638

Realizado por: Lalangui, Luz, 2022.



**Gráfico 1-3:** Curva de calibración NOx.

Realizado por: Lalangui, Luz, 2022.

### 3.6. Técnicas de recolección de datos SOx

Consiste en la toma de muestras de aire en puntos de interés por el investigador empleando metodologías y técnicas específicas para muestrear, analizar y procesar la concentración en la que se presenta cada uno de ellos en un tiempo determinado (Martínez y Romieu, 2010, p. 28).

**Tabla 3-3:** Materiales y Sustancias para la preparación de reactivos SOx.

<b>Material de campo.</b>	Tubos de ensayo. Gradilla. Cooler. Escalera Tiras plásticas. Flexómetro.
<b>Materiales de laboratorio.</b>	Pipeta de 10 ml Probeta de 250 mL. Refrigeradora. Frasco ámbar de 1L y 0,5 L. Balón de aforo de 1000 mL, 50 mL y 25 MI Balanza analítica. Vaso de precipitación 500 mL Espectrofotómetro AQUAMATE PLUS UV-VIS.
<b>Sustancias y reactivos.</b>	Trietanolamina. N- butanol.

	Agua destilada. Cloruro de Bario Ácido Clorhídrico Sulfato de sodio.
--	---

Fuente: (Kbaireyab 2009, pag. 58).

### 3.6.1. Solución captadora

Diluir 7,5 g de trietanolamina en 0,250 ml de agua destilada, seguido añadir 1.5 ml de solución N-butanol. Se debe agitar hasta obtener una mezcla homogénea. Por último, aforar con agua destilada hasta 500 ml (Bermeo y Vega, 2018, p. 51).

### 3.6.2. Solución sobre saturada de cloruro de bario

Se disuelve 6 g de cloruro de bario en 25 mL de agua destilada (Bermeo, 2018, p.52).

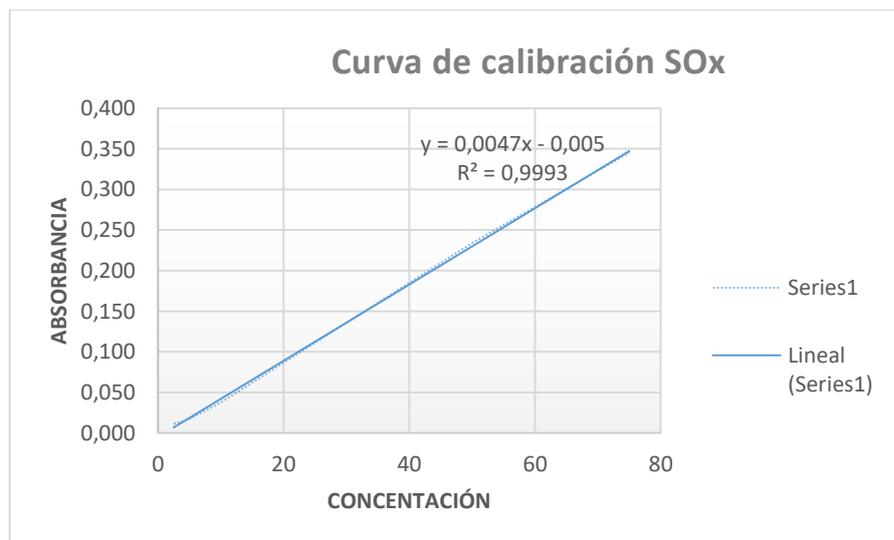
### 3.6.3. Diluciones para la curva de calibración

Se prepara la curva de calibración realizando estándares de calibración (2,5; 5; 10; 25; 50; 75 mg/L) a partir de una solución madre de sulfatos de 100 mg/L. Se realiza con 5ml con solución estándar, 1 ml de la solución sobre saturada de cloruro de bario, 5 ml de ácido clorhídrico (Cifuentes, 2014, p. 53).

**Tabla 4-3:** Concentraciones y absorbancias – curva de calibración de SO<sub>x</sub>.

CONCENTRACIÓN TUBO (µg/mL)	ABSORBANCIA				PROMEDIO
	R 1 (µg/mL)	R 2 (µg/mL)	R 3 (µg/mL)	R 4 (µg/mL)	
2,5	0,011	0,013	0,01	0,011	0,011
5	0,017	0,016	0,02	0,016	0,017
10	0,038	0,037	0,038	0,037	0,038
25	0,111	0,11	0,111	0,113	0,111
50	0,233	0,231	0,234	0,239	0,234
75	0,345	0,342	0,345	0,349	0,345

Realizado por: Lalangui, Luz, 2022.



**Gráfico 2-3:** Curva de calibración SOx.  
Realizado por: Lalangui, Luz, 2022.

### 3.7. Ubicación de tubos muestreadores

Las soluciones captadoras de NO<sub>2</sub> y SO<sub>2</sub> se colocó 3,5 mL de solución captadora en tubo de ensayo de 10 mL, cada tubo de ensayo se etiqueto con el punto de muestreo, fecha y semana.

Los tubos captadores fueron transportados en el cooler manteniendo ambiente de refrigeración y se mantuvieron con su respectivo tapón hasta llegar al punto de muestreo. A parte se realizaron techados de metal para cada captador; siendo un mecanismo de ayuda para las condiciones meteorológicas de la zona y el pilar que lo mantendrá sujeto en cada punto de muestreo.

Los captadores se mantuvieron por el lapso de 7 días y se los trasladó al laboratorio del GADPO para su pertinente análisis, durante 8 semanas (Bermeo, 2018, p.55).

### 3.8. Análisis espectrofotómetro

NO<sub>2</sub>: Se debe realizar el método colorimétrico añadiendo 1 mL de cada solución del reactivo Griess y esperar por aproximadamente 10 minutos. Después de haber transcurrido el tiempo se debe colocar la muestra en las celdas para su posterior lectura a una longitud de onda de 545 nm en el espectrofotómetro AQUAMATE PLUS UV-VIS (Bermeo, 2018, p.52).

#### 3.8.1. Cálculos de concentración NOx

Con la obtención de datos mediante el AQUAMATE PLUS UV-VIS se procede a calcular la masa total obtenido a partir de la ecuación 1-2.

$$M = C_T * V \quad (\text{Ecuación 1-3})$$

Donde:

**m**= Masa total de las soluciones patrón ( $\mu\text{g}$ ).

**C<sub>T</sub>**=Concentración conocida de NO<sub>x</sub>, obtenidos mediante la curva de calibración ( $\mu\text{g/mL}$ ).

**V**= volumen de los reactivos Griess vertidos en cada tubo para la extracción (mL).

Una vez calculada la masa total de las soluciones se obtiene la concentración ambiente mediante la ecuación 2-2.

$$c = \frac{m * l}{D_{12} * A * t} \quad (\text{Ecuación 2-3})$$

Donde:

**C**= Concentración ambiente medida ( $\frac{\mu\text{g}}{\text{m}^3}$ )

**m** = Cantidad del gas absorbido durante la exposición ( $\mu\text{g}$ )

**A** = Área transversal del tubo cilíndrico ( $\text{m}^2$ )

**t** = Tiempo de exposición (*seg*)

**l** = Longitud del tubo (*m*)

**D<sub>12</sub>**= Coeficiente de difusión entre el NO<sub>2</sub> y el aire ( $\frac{\text{m}^2}{\text{seg}}$ )

### 3.9. Análisis espectrofotómetro

Se añade 1 mL de la solución sobresaturada de cloruro de bario, se agrega 0,5 mL de ácido clorhídrico para el dejar reposar 5 min. Una vez reposado el tiempo requerido se procede a realizar el barrido, este se debe realizar a una longitud de onda de 420 nm en el espectrofotómetro AQUAMATE PLUS UV-VIS (Cifuentes, 2014, p. 60).

### 3.10. Cálculos de concentración SO<sub>x</sub>

Se aplica la ecuación 1-2 de obtención de la masa descrita en los NO<sub>x</sub>.

Sabiendo los valores de volumen de la sustancia captadora, el tiempo de muestreo, la concentración medida en el espectrofotómetro y se obtendrá las concentraciones de SO<sub>2</sub> para los puntos de muestreo.

$$C_{SO_2} = \frac{m_{SO_x}}{Q \times t} \times 10^6 \quad (\text{Ecuación 3-3})$$

Donde:

$CSO_2$  = Concentración de  $SO_2$  ambiente ( $\frac{\mu g}{m^3}$ ).

$mSO_x$  = masa de sulfatos obtenida ( $\frac{\mu g}{ml}$ ).

$Q_k$  = valor de la frecuencia de muestreo ( $119 \frac{ml}{min}$ ).

$t$  = tiempo de exposición (min).

### 3.11. Concentración ambiental corregida $NO_x$ y $SO_x$

En concordancia con el Acuerdo Ministerial 097A Libro VI Anexo, Calidad del aire, las concentraciones obtenidas de los contaminantes del aire deberán corregirse a partir de la ecuación 4-2 y de acuerdo a las condiciones meteorológicas propias de la localidad en que se efectúen las mediciones

$$C_c = C_o * \frac{760 \text{ mmHg}}{P_{bl} \text{ mmHg}} * \frac{(273+t^{\circ}C)^{\circ}K}{298^{\circ}K} \quad (\text{Ecuación 4-3})$$

Donde:

$C_c$  = Concentración corregida ( $\frac{\mu g}{m^3}$ ).

$C_o$  = Concentración observada ( $\frac{\mu g}{m^3}$ ).

$P_{bl}$  = Presión atmosférica local ( $mmHg$ ).

$t^{\circ}C$  = Temperatura local ( $^{\circ}C$ ).

### 3.12. Elaboración de mapas

La elaboración de los mapas temáticos se empleará el programa de computador ArcGIS, inicial se obtendrá los datos de las concentraciones con sus coordenadas correspondientes, posteriormente se hará uso de Spatial Tool Interpolation e IDW de ArcGIS, esta herramienta facilitará la interpolación de los datos y así se genere una diferenciación de colores de acuerdo con las concentraciones promedios obtenidos mediante ocho semanas de muestreo (Nieto, 2019, p.40).

## CAPÍTULO IV

### 4. RESULTADOS

#### 4.1. Puntos de muestreo en las zonas de estudio

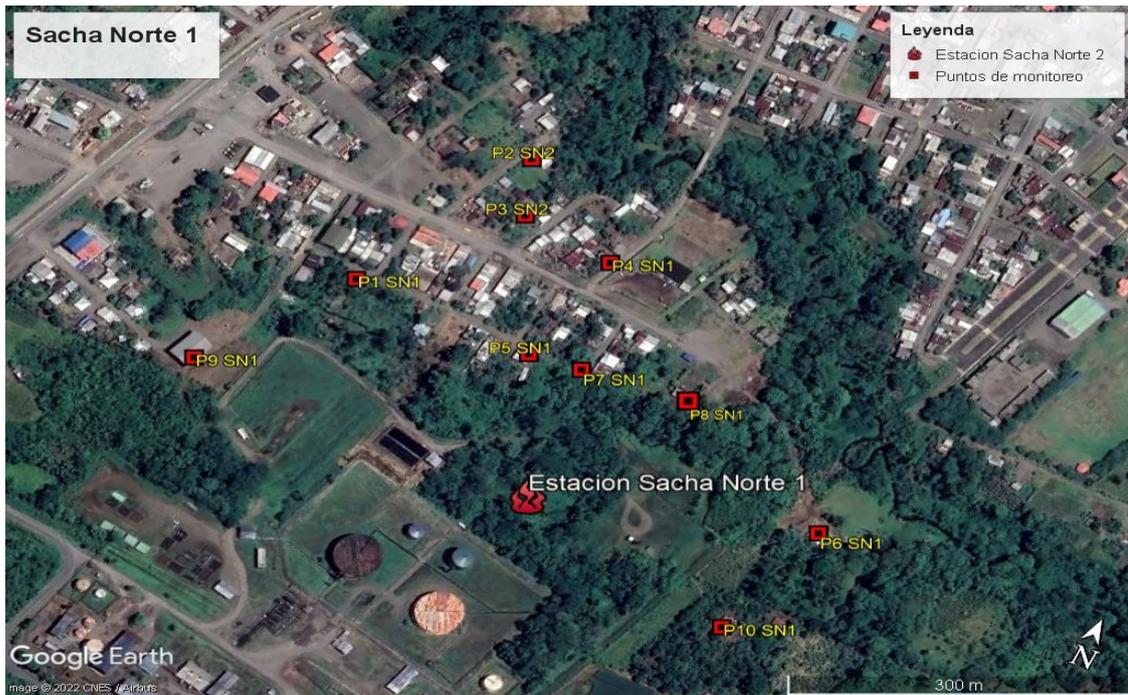
La ubicación de los puntos de muestreo de los contaminantes atmosféricos NO<sub>x</sub> y SO<sub>x</sub> en las poblaciones contiguas a mecheros petroleros se realizó de forma aleatoria en un radio de 700m tomando en cuenta que el trabajo esta direccionado a la población. El punto de muestreo no debe tener presencia de vehículos motorizados y tampoco de productos quemados en el transcurso del muestreo.

La estación Sacha Norte 1 se encuentra ubicada en el cantón Joya de los Sachas en las afueras de la parroquia Joya de los Sacha, conto con 10 puntos de muestreo los mismos que se especifican en la tabla 1-4 y se visualiza su ubicación mediante la gráfica 1-4.

**Tabla 1-4:** Coordenadas de los puntos de monitoreo para NO<sub>x</sub> y SO<sub>x</sub> en la población sachá norte 1.

ESTACION PETROLERA.	PUNTO DE MONITOREO	COORDENADAS	
		X	Y
<b>SACHA NORTE 1</b>	P1	293146.53	9966008.59
	P2	293232.42	9966188.24
	P3	293252.77	9966131.01
	P4	293341.16	9966116.97
	P5	293317.21	9965998.18
	P6	293628.09	9965930.0
	P7	293366.56	9966002.95
	P8	293465.06	9966011.98
	P9	293052.72	9965873.64
	P10	293593.85	9965804.05

Realizado por: Lalangui, Luz, 2022.



**Figura 1-4:** Mapa de ubicación de la Estación Sacha norte 1.

Realizado por: Lalangui, Luz, 2022.

La tabla 2-4 expresa las coordenadas de los 12 puntos de muestreo de la población aledaña a la estación Sacha Norte 2 ubicada en la cabecera parroquial de la parroquia Enokanqui perteneciente al canton Joya de los Sachas, puntos que se representan en el gráfico 2-4.

**Tabla 2-4:** Coordenadas de los puntos de monitoreo para NO<sub>x</sub> y SO<sub>x</sub> en la población sachá norte 2.

ESTACION PETROLERA.	PUNTO DE MONITOREO	COORDENADAS	
		X	Y
SACHA NORTE 2	P1	293942	9975245
	P2	294406	9975195
	P3	294498.06	9975128.52
	P4	294346.77	9975093.26
	P5	294251.98	9975029.87
	P6	294166.0	9975082.0
	P7	294111.00	9974951.0
	P8	294984.09	9975534.44
	P9	294676.63	9975133.46
	P10	294806.31	9974863.56
	P11	294378.90	9974787.72
	P12	294467.52	9974894.79

Realizado por: Lalangui, Luz, 2022.



**Figura 2-4:** Mapa de ubicación de la Estación Sacha norte 2

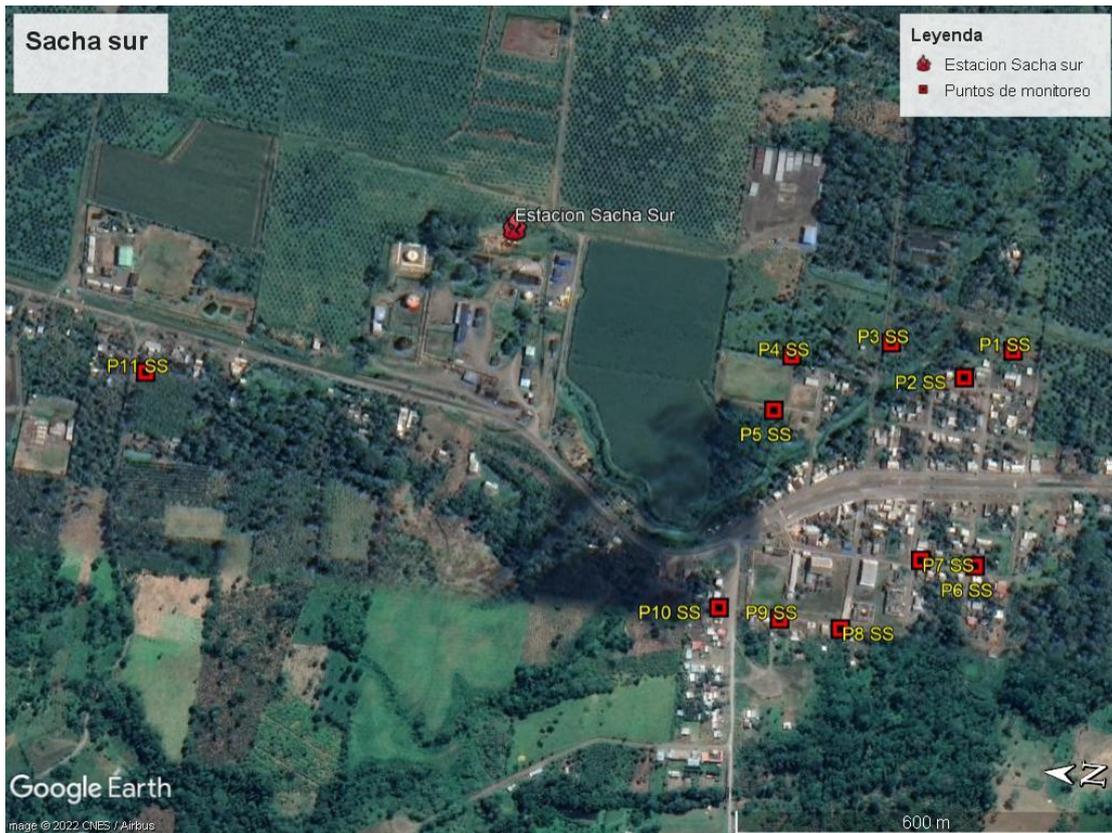
Realizado por: Lalangui, Luz, 2022.

La tercera y última población monitoreada contó con 11 puntos expresados en la tabla 3-4 y detallada con mejor exactitud en el gráfico 3-4. Se encuentra ubicada en la Parroquia San Carlos, Estación Sacha Sur.

**Tabla 3-4:** Coordenadas de los puntos de monitoreo para NOx y SOx en la estación sachasur.

ESTACION PETROLERA.	PUNTO DE MONITOREO	COORDENADAS	
		X	Y
SACHA SUR	P1	290709.71	9957805.58
	P2	290657.69	9957880.84
	P3	290702.45	9958002.80
	P4	290664.71	9958160.28
	P5	290572.85	9958181.62
	P6	290354.43	9957838.41
	P7	290354.86	9957925.57
	P8	290231.58	9958043.62
	P9	290237.38	9958141.44
	P10	290245.01	9958239.51
	P11	290529.98	9959196.77

Realizado por: Lalangui, Luz, 2022.



**Figura 3-4:** Mapa de ubicación de la Estación Sacha sur.

Realizado por: Lalangui, Luz, 2022.

## 4.2. Concentraciones de NO<sub>x</sub> y SO<sub>x</sub>

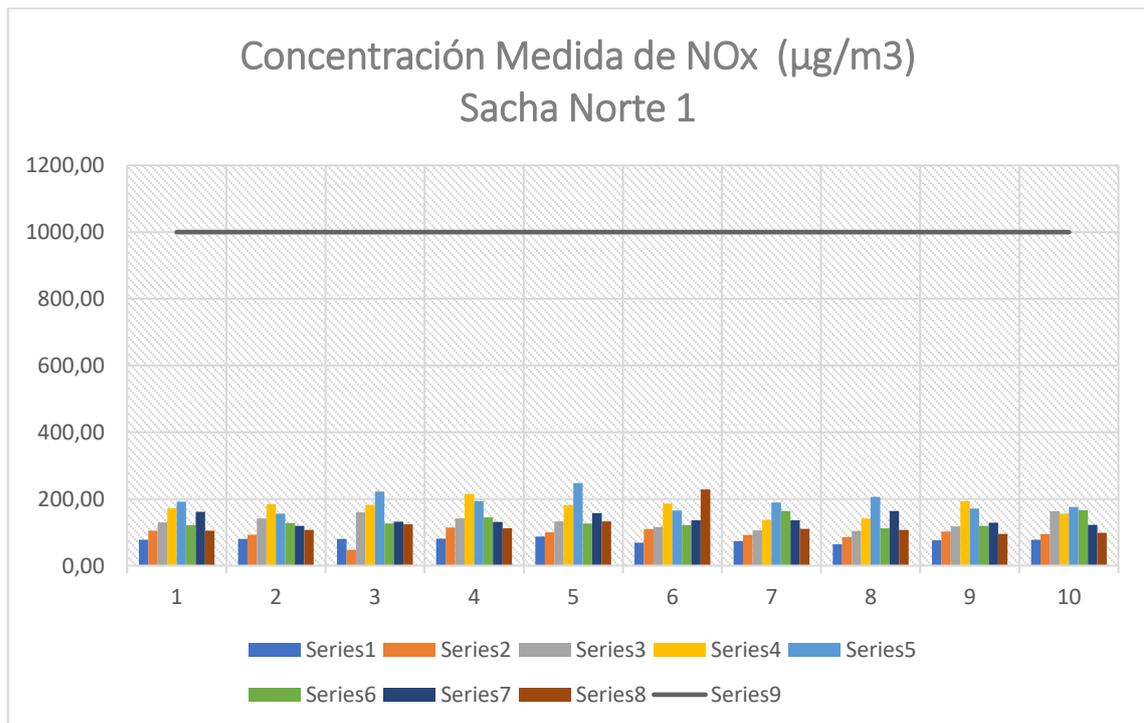
A partir del muestreo con un tiempo de duración de 8 semanas en las poblaciones contigua a las Estaciones Sacha Norte 1, Sacha norte 2 y Sacha Sur, las concentraciones obtenidas en el espectrofotómetro AQUAMATE PLUS UV-VIS fueron rectificadas mediante las ecuaciones presentadas en el capítulo III para encontrar la masa y concentración ambiente corregida tanto en NO<sub>x</sub> y SO<sub>x</sub> según corresponda.

### 4.2.1. Dióxidos de Nitrógeno

El monitoreo en los 33 puntos distribuidos en las tres estaciones mencionados en las tablas 3-1; 3-2 y 3-3 se demuestra puntos con cantidades de mayor y menor concentración. Se debe recalcar que las muestras fueron colocadas en un lapso de 7 días, después de este tiempo son cambiados por nuevos tubos, proceso realizado por 8 semanas (29 de julio del 2021 hasta el 22 de septiembre del 2021).

#### 4.2.1.1. Población aledaña Estación Sacha Norte 1

Mediante el gráfico 1-4 se especifica los diferentes valores de NOx en relación al punto y semana de muestreo. El punto 5, correspondiente a la semana 5 con 247,16  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , se debe mencionar que esta semana tiene concentraciones más dominantes, consecutivo se observa el punto 6 de la semana 8 presenta 228,58  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Además, se evidencia en la semana 2 un valor de 47,06  $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{NO}_x$ , valor que corresponde al más bajo ubicado en el punto 4. La investigación realizada por Mendoza y Graniel (2003, p.6) menciona que obtuvo la concentración de 67,40  $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{NO}_x$  con durante un período promedio de 30 minutos en temporada de invierno, haciendo relación al 10% de  $\text{NO}_2$  sin exceder los límites permisibles, se debe recalcar que las concentraciones registradas en la estación Sacha Norte 1 se encuentran valores elevados pero no exceden los límites presentados por la normativa ambiental vigente en Ecuador.

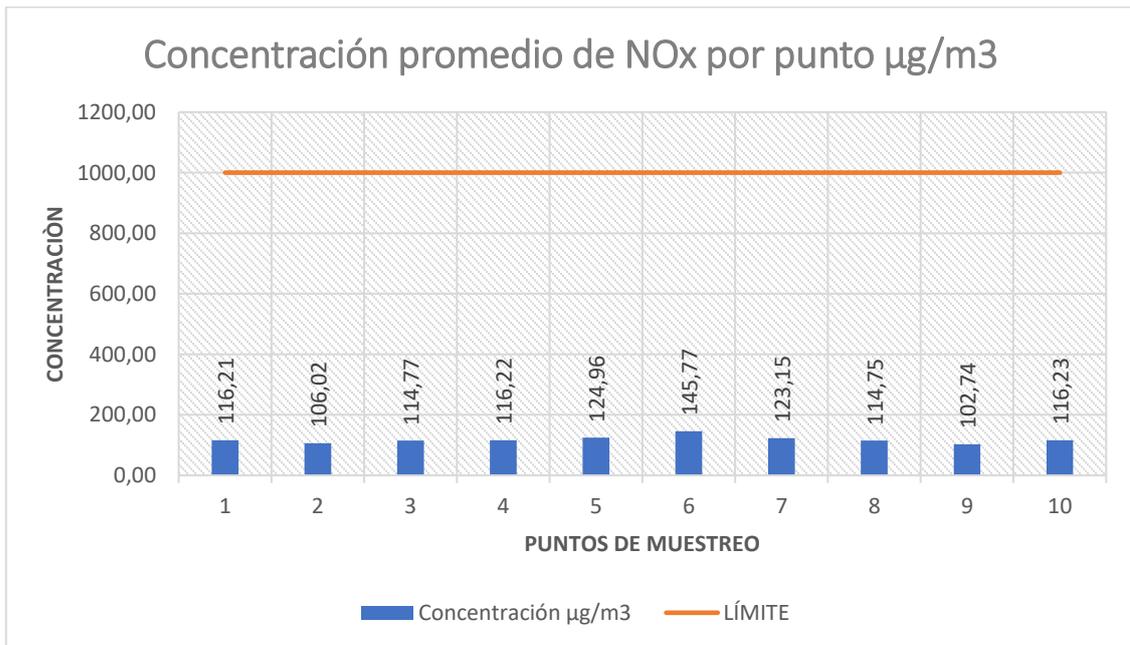


**Gráfico 1-4:**Concentración de NOx en la población de Sacha Norte 1.

**Realizado por:** Lalangui, Luz, 2022.

En el gráfico 2-4 especifica los valores promedio en referencia a cada punto correspondiente, se observa que existe una mayor concentración de NOx en el punto 6 con 145,77  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , posteriormente se visualiza al punto 5 con 124,96  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , los valores obtenidos no superan los límites establecidos en el Acuerdo Ministerial 097A Libro VI Anexo 4 de la Calidad del Aire el mismo que menciona en la tabla de Concentraciones de contaminantes criterio que definen los

niveles de alerta, de alarma y de emergencia en la calidad del aire para que exista un nivel de alerta debe estar en los  $1000 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Sin embargo, los valores encontrados por (Acevedo, et al, 2010, p.5) mencionan en la tabla 2 el valor encontrado es de  $244 \text{ mg}/\text{m}^3$  de  $\text{NO}_2$  es decir  $2440000 \mu\text{g}/\text{m}^3$  de  $\text{NO}_x$ , valores que superan los estándares de  $100000 \mu\text{g}/\text{m}^3$  propuesto por la USEPA Además, se debe destacar entre los valores bajos encontrados resalta el punto 2 y punto 9 con  $106,02$  y  $102,74 \mu\text{g}/\text{m}^3$  respectivamente.



**Gráfico 2-4:** Concentración promedio de  $\text{NO}_x$  en relación a los puntos de muestreo Sacha Norte

1

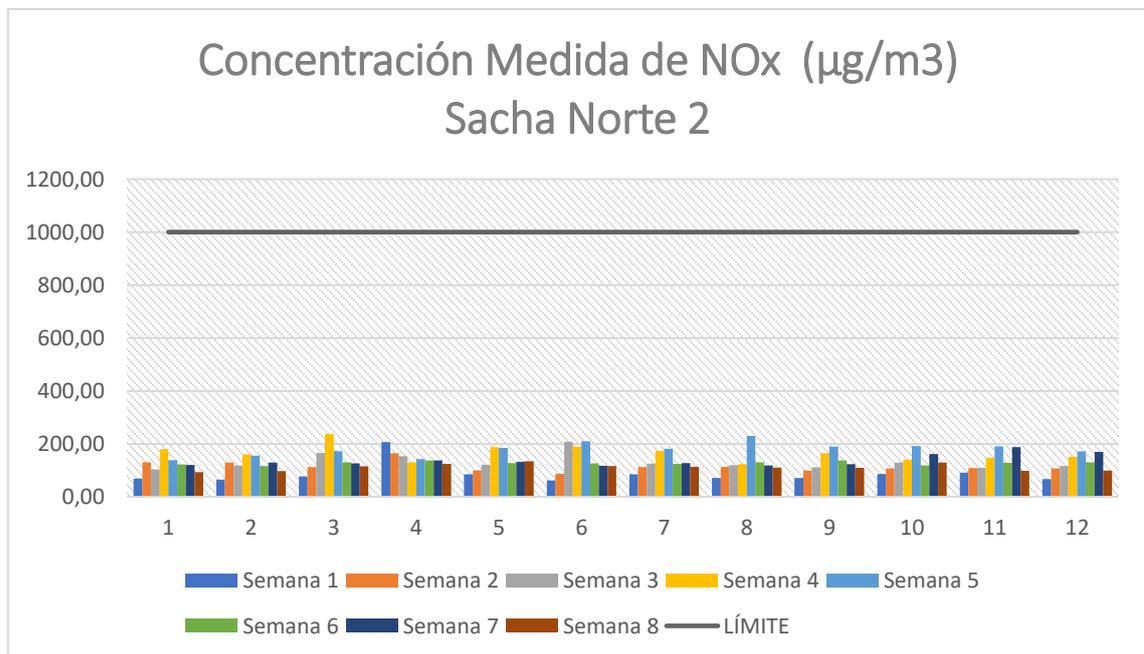
**Realizado por:** Lalangui, Luz, 2022.

#### 4.2.1.2. Población aledaña Sacha Norte 2

En la zona poblada de la Estación Sacha Norte dos se muestrearon 12 puntos, ubicados de forma aleatoria evitando que se encuentren cerca de vehículos motorizados. Las concentraciones de  $\text{NO}_x$  obtenidas se representan en el gráfico 3-4; se puede observar valores por encima de los  $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$  en 4 semanas, es decir la semana 1,3,4 y 5 con  $207,09 \mu\text{g}/\text{m}^3$  punto 4;  $207,91 \mu\text{g}/\text{m}^3$  punto 6;  $236,81 \mu\text{g}/\text{m}^3$  punto 3;  $209,78 \mu\text{g}/\text{m}^3$  punto 6 y  $230,28 \mu\text{g}/\text{m}^3$  punto 8 respectivamente, tomando en cuenta que en la semana 5 se encuentran dos valores elevados. Se debe destacar valores de  $962000 \mu\text{g}/\text{m}^3$  de  $\text{NO}_2$  (del 100% de los  $\text{NO}_x$  solo el 10% pertenece a  $\text{NO}_2$ ) para áreas residenciales indicados en la tabla 2 donde detalla que se encuentra por encima al valor establecido de  $100000 \mu\text{g}/\text{m}^3$  en las Regularizaciones Venezolanas (Ferrer, 2010, p.5 ; Acevedo, et al, 2010, p.8)

Las semanas 3,6,7 y 8 se señala un rango entre los  $100$  y  $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , finalmente la semana 1 a

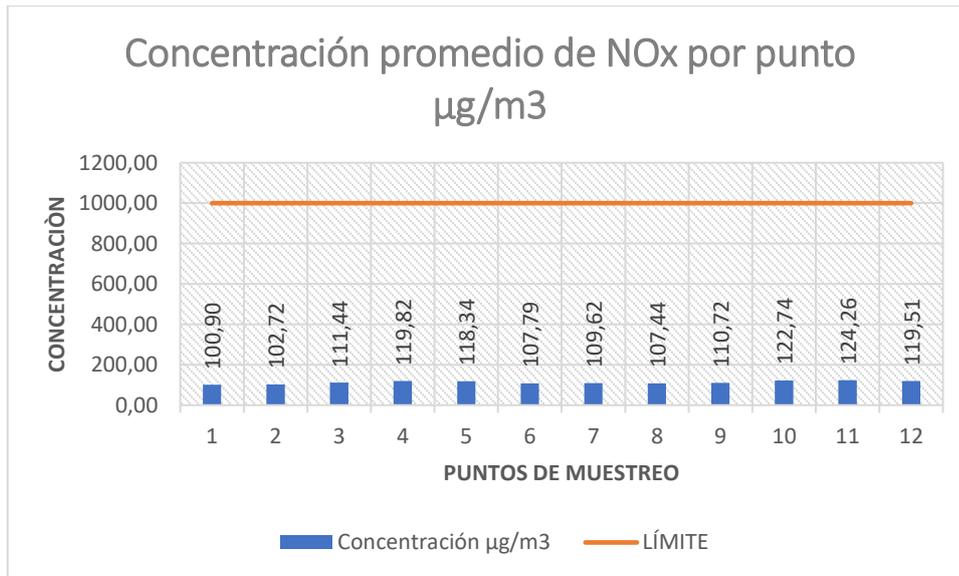
excepción del punto 4 antes mencionado, mantiene los valores más bajos con  $61,75 \mu\text{g}/\text{m}^3$  encontrado en el punto 6.



**Gráfico 3-4:** Concentración de NOx en la población Sacha Norte 2.

**Realizado por:** Lalangui, Luz, 2022.

La grafica 4-4 detalla los promedios generales en base a cada punto de muestreo, se debe recalcar que los datos obtenidos no superan los  $124,26 \mu\text{g}/\text{m}^3$  ubicado en el punto 11 seguido y con menor valor el punto 10 con  $122,74 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ; los puntos 4 y 12 se encuentran en los  $119 \mu\text{g}/\text{m}^3$  y el valor mínimo promedio se encuentra en  $100,90 \mu\text{g}/\text{m}^3$  punto 1, sin embargo, la Caracterización geoquímica del ambiente en un yacimiento petrolífero cubano. Parte 1: Aire menciona que el valor máximo promedio obtenido es de  $85 \mu\text{g}/\text{m}^3$  en zonas habitables, se debe destacar que es un valor bajo en comparación a los datos promedios obtenidos en esta población. (Díaz, et al, 2006, p.6)

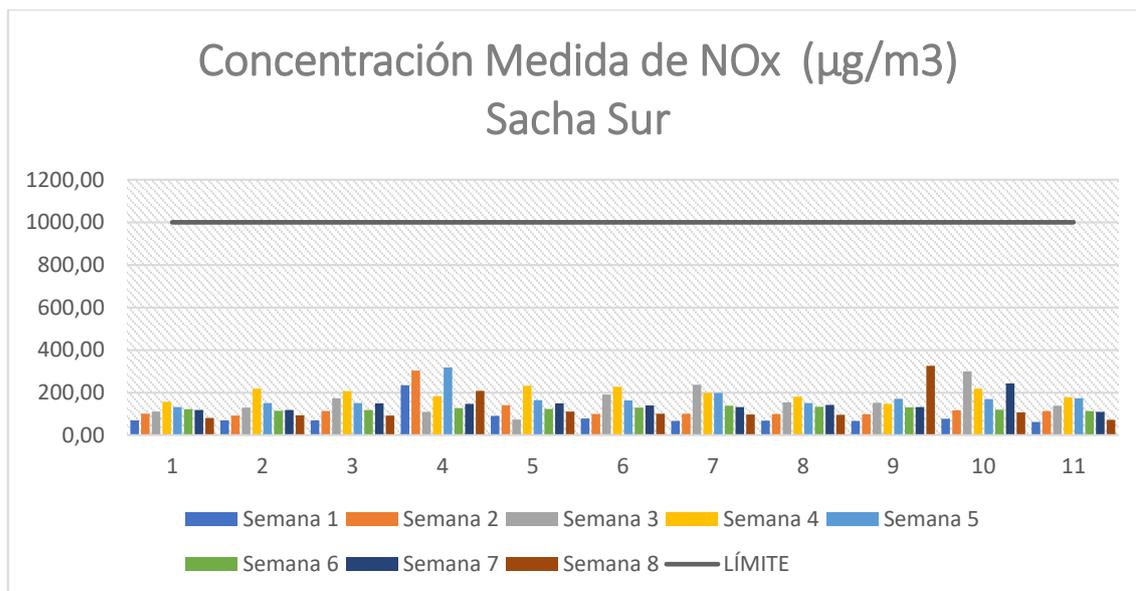


**Gráfico 4-4:** Concentración promedio de NOx en relación a los puntos de muestreo Sacha Norte 2.

Realizado por: Lalangui, Luz, 2022.

#### 4.2.1.3. Población aledaña Sacha Sur

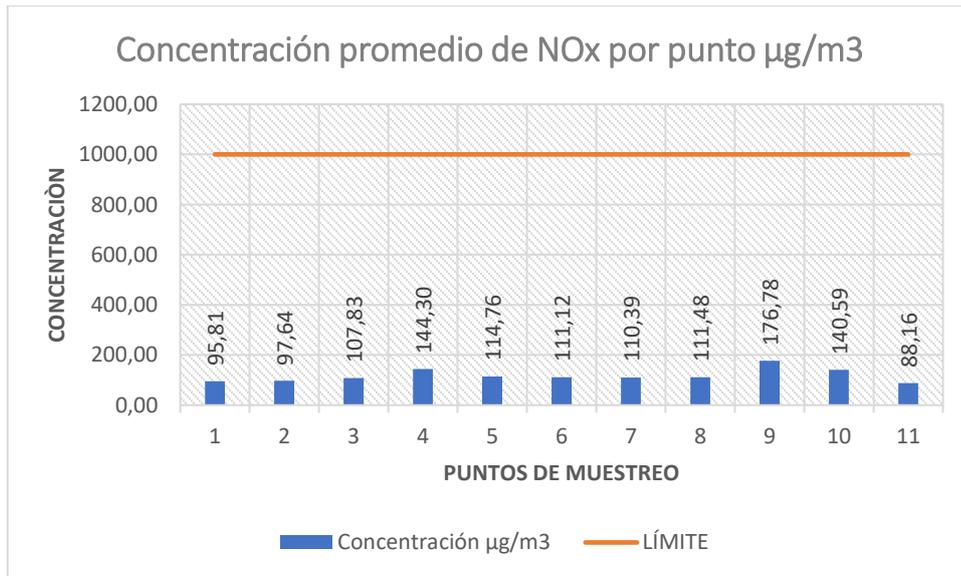
La estación Sacha Sur contó con once puntos de monitoreo para las 8 semanas de muestreo, el gráfico 5-4 revela las diferentes concentraciones obtenidas, se visualiza elevación de concentración del punto 4 en la semana 1,2,5 y 8 se debe mencionar que es un punto más cerca al mechero petrolero. Aditivo a lo indicado se puede expresar que la concentración de 325,85 µg/m<sup>3</sup> es el valor más alto y 147,40 µg/m<sup>3</sup> el valor más bajos, sin embargo, (Rojano et al., 2016, p.7) señala que en seis meses de investigación obtuvo una concentración promedio de 24,39 µg/m<sup>3</sup> de NO<sub>2</sub> en datos de NOx se representaría a un valor de 243,39 µg/m<sup>3</sup>, también señala que las concentraciones estimadas en el estudio no estaría violando los niveles permisibles de Colombia y que su infestación tuvo condiciones similares este trabajo, es decir con clima caliente.



**Gráfico 5-4:** Concentración de NOx en la población Sacha Sur.

**Realizado por:** Lalangui, Luz, 2022

Las concentraciones promedias representadas por el gráfico 6-4 muestran valores bajos a diferencia de Sacha Norte 1 y Sacha Norte 2. Siendo así el valor más elevado correspondiente al punto 9 con  $176,78 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , seguido el punto 4 con  $144,30 \mu\text{g}/\text{m}^3$  y de tercero se encuentra el punto 10 de concentración  $140,59 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . A pesar de existir valores elevados también se destacan valores inferiores es el caso del punto 1, 2 y 11 con  $95,81 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ;  $97,64 \mu\text{g}/\text{m}^3$  y  $88,16 \mu\text{g}/\text{m}^3$  correspondientemente, Cuesta et al. (2010, p.1) menciona una concentración de  $84,48 \mu\text{g}/\text{m}^3$  NOx en zona influenciada por la actividad petrolera, se puede mencionar que el punto 11 asemeja la concentración obtenida, sin embargo, los otros valores se encuentran por encima de la concentración mencionada.



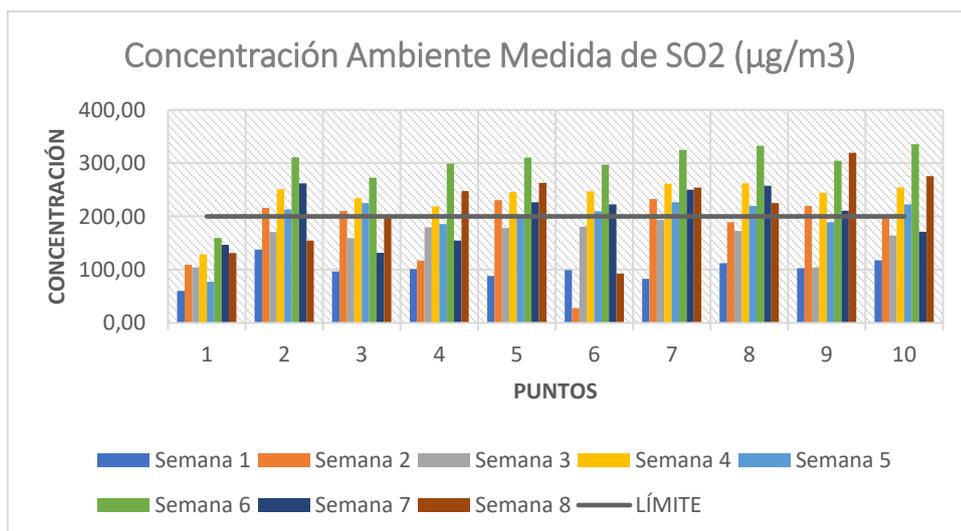
**Gráfico 6-4:** Concentración promedio de los puntos de muestreo de Sacha Sur.

Realizado por: Lalangui, Luz, 2022.

#### 4.2.2. Dióxidos de azufre

Las concentraciones y corrección de las mismas se realizaron mediante las ecuaciones 1-3 y 3-3. Los puntos de muestreo fueron los mismos que se utilizaron para NOx, 10 puntos para SN1, 12 puntos SN2 y 11 en SS en las semanas del 29 de julio del 2021 hasta el 22 de septiembre del 2021.

##### 4.2.2.1. Población aledaña Sacha Norte 1



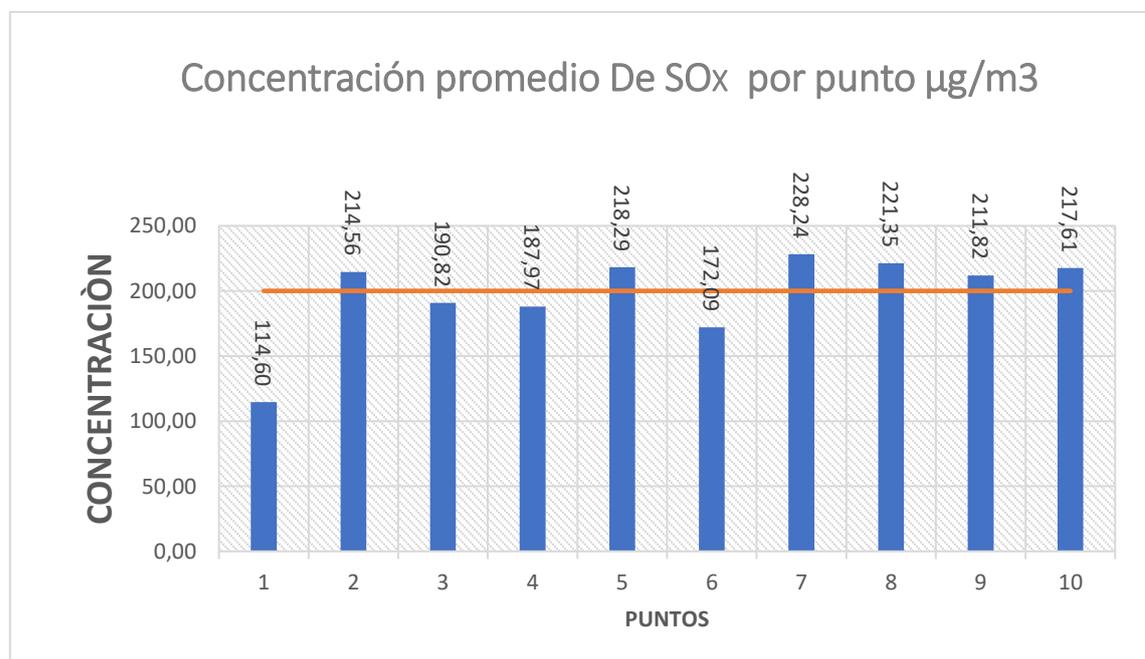
**Gráfico 7-4:** Concentración ambiente medida de SOx población contigua a la Estación Sacha Norte 1.

Realizado por: Lalangui, Luz, 2022.

Las concentraciones de SOx obtenidas en la estación Sacha Norte 1 se evidencian mediante el

gráfico 7 -4, se observa elevados picos de concentración en la semana 6, el punto 10 cuenta con 335,298  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , seguido el punto 8 igual a 332,794  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  y el punto 7 con 324,794  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  de  $\text{SO}_x$  los puntos 2, 3, 4, 5, 6 y 9 de la misma semana se mantienen en valores superior a los 250  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , en cambio el punto 1 obtuvo la concentración de 159,550  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Se debe destacar la semana 1 donde mantiene valores bajos a diferencia de las semanas restantes, las concentraciones oscilan entre 137,907  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  siendo el valor más alto en el punto 2 y 60,66  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  el valor más bajo correspondiente al punto 1. Cuesta et al. (2010, p.1) menciona en la publicación realizada que en lugares de explotación petrolera el  $\text{SO}_2$  es uno de los principales contaminantes que mayor resultado nocivo presentan.



**Gráfico 8-4:** Concentración promedio de  $\text{SO}_x$  en la población contigua a la Estación Sacha Norte 1.

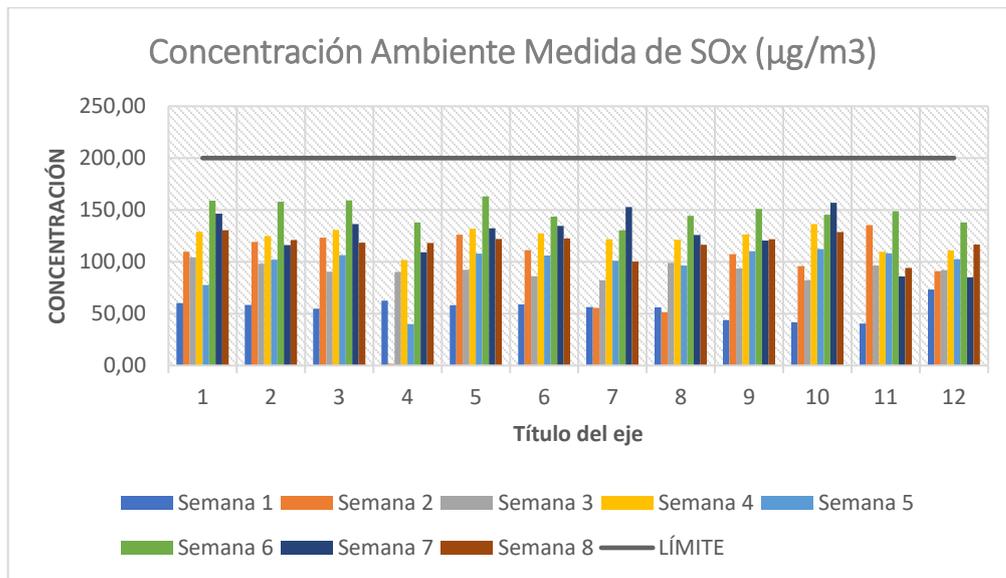
**Realizado por:** Lalangui, Luz, 2022.

Los valores representados en el gráfico 8-4 son datos recolectados mediante muestreadores pasivos para  $\text{SO}_2$  en cada uno de los 10 puntos en relación a las 8 semanas de muestreo en la población aledaña a la Estación Sacha Norte 1. Se observa concentraciones de 114,60  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  en el punto 1, 172,09  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  en el punto 6, 187,97  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  en el punto 4 y 190,83  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  correspondiente al punto 3; se debe mencionar que estos valores se señalan dentro de la normativa ambiental vigente en la tabla 1 de las Concentraciones de contaminantes criterio que definen los niveles de alerta, alarma y emergencia en la calidad del aire los valores que se encuentran igual o superior a los 200  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  se encuentran en alerta ya que este es su valor máximo establecido, por lo tanto los puntos 2, 5, 7, 8, 9 y 10 se encuentran en niveles de alerta debido a los valores representados en la

gráfica de promedios. Acevedo, (2010, p.5) detalla en la tabla 3 los valores encontrados de SO<sub>2</sub> en su investigación es de 303000 mg/m<sup>3</sup> en 1 hora y 74500 mg/m<sup>3</sup> en 24 horas datos registrado en áreas residenciales, los mismos que exceden los 100 mg/m<sup>3</sup> comparado con la USEPA.

#### 4.2.2.2. Población aledaña Sacha Norte 2

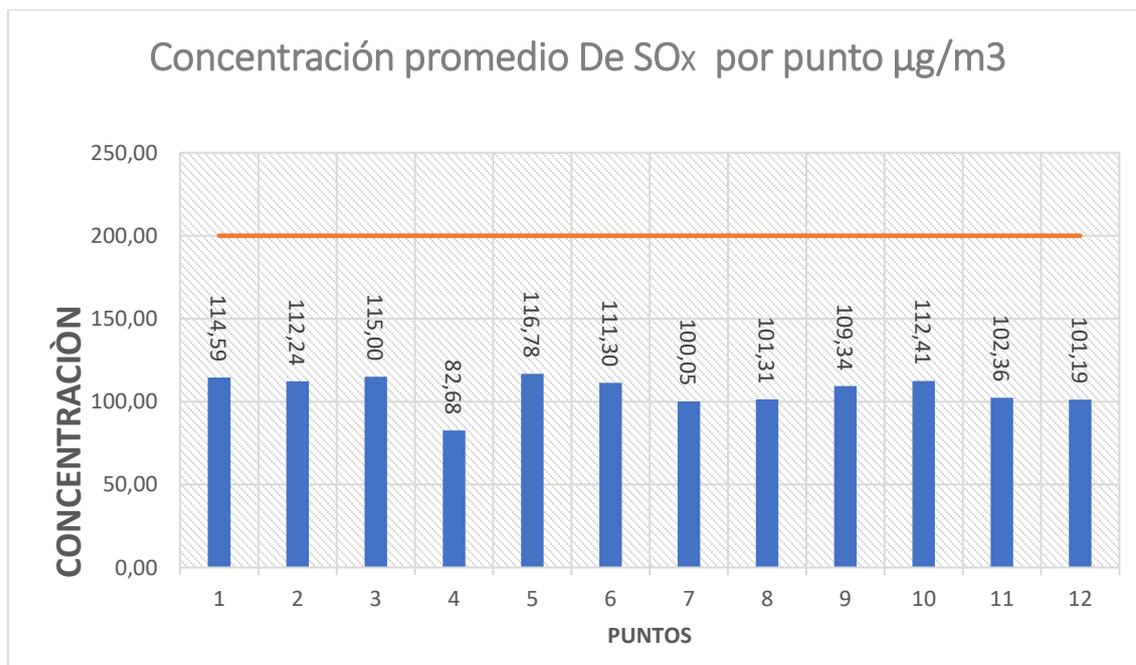
Sacha Norte 2 se encuentra en la parroquia Enokanqui, en el cantón Sacha, cuenta con 12 puntos de muestreo, estos puntos se encontraron en casas que no cuentan con vehículos motorizados para que los resultados no se vean alterados por estas emisiones.



**Gráfico 9-4:** Concentración ambiente de SO<sub>2</sub> por punto en la población Sacha Norte 2.

**Realizado por:** Lalangui, Luz, 2022.

El gráfico 9-4 expresa concentraciones bajas de SO<sub>x</sub> en la semana 1 siendo el punto 10 y 11 los más significativos con 41,858 µg/m<sup>3</sup> y 40,555 µg/m<sup>3</sup> correspondientemente; aunque mantenga valores bajos en referencia al gráfico en general la concentración más elevada se encuentra en 73,172 µg/m<sup>3</sup> perteneciente al punto 12. Al contrario, la semana 6 presenta el punto 7 con 130,391 µg/m<sup>3</sup> y su valor más elevado se encuentra en 163,121 µg/m<sup>3</sup> en el punto 5. Díaz, (et al, 2006, p.6) expresa el valor encontrado en su investigación es de 500 µg/m<sup>3</sup> en zonas habitables en época de seca. En este caso se puede mencionar en favor a la estación Sacha Norte 2, sus valores se encuentran por debajo de los de la normativa vigente y en relación a los encontrados por Díaz.



**Gráfico 10-4:** Concentración promedio de SO<sub>x</sub> por punto en la población contigua a la Estación Sacha Norte 2.

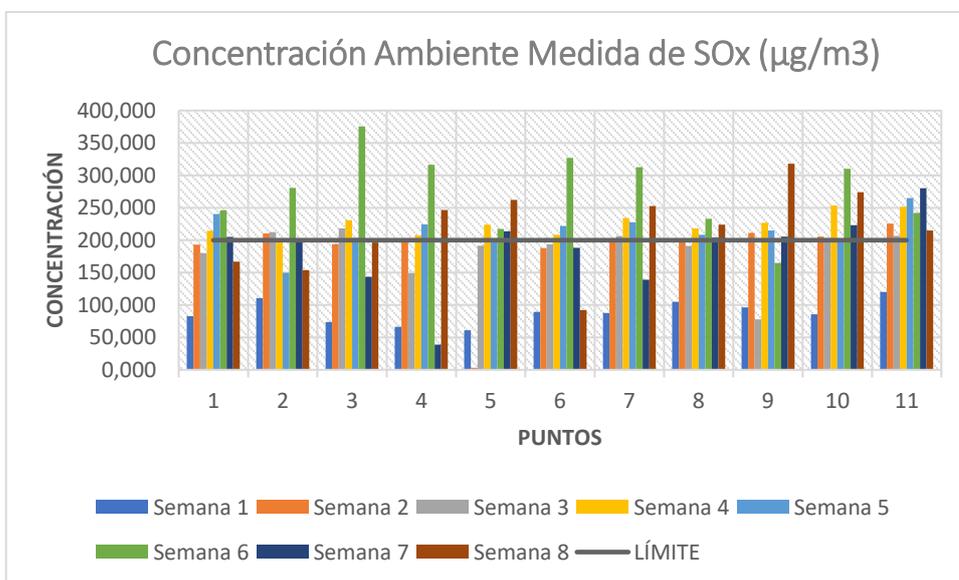
**Realizado por:** Lalangui, Luz, 2022.

En relación a los valores promedio de SO<sub>x</sub> se observa en el gráfico 10-4 concentraciones de 82,679 µg/m<sup>3</sup>, 100,049 µg/m<sup>3</sup> tomados como cantidades bajas ubicadas en los puntos 4 y 7; mientras con mayor concentración se encuentran el punto 1 con 114,594, consecutivo está el punto 3 con la cantidad de 114,998 µg/m<sup>3</sup> y con el valor más alto encontrado se tiene el punto 5 con 116,779 µg/m<sup>3</sup>. (Mendoza y Graniel, 2007, p.6) en “Evaluación Exploratoria De La Dispersión De Contaminantes Emitidos Por Operaciones De Quema De Gas” expresa valores de concentraciones promedio de 24 horas, resaltando que para el muestreo de periodo de invierno 2 y primavera tuvieron concentraciones de 175,54 µg/m<sup>3</sup> y con valor mínimo de 52,4 µg/m<sup>3</sup> correspondiente a verano. Se debe recalcar que las concentraciones registradas en la estación Sacha Norte 2 se encuentran valores bajos en relación al máximo descrito por Mendoza, pero resalta que su valor de menor concentración se diferencia con 30 µg/m<sup>3</sup> menos del punto 4.

#### 4.2.2.3. Población aledaña Estación Sacha Sur

En la población contigua a la estación Sacha Sur se ubicaron once puntos de monitoreo, situados de tal manera que no afecte las emisiones vehiculares al muestreo. El gráfico 11-4 da a conocer las concentraciones obtenidas en relación a cada punto de monitoreo en el lapso de las semanas de muestreo, se observa en la semana 6 mayor presencia de SO<sub>2</sub> tomando en cuenta los puntos 5, 8 y 9 valores bajos en comparación a los ocho puntos restantes de la semana obteniendo valores de 217,479 µg/m<sup>3</sup>; 233,122 µg/m<sup>3</sup> y 165,028 µg/m<sup>3</sup>. Se debe mencionar que el punto 3 se encuentra

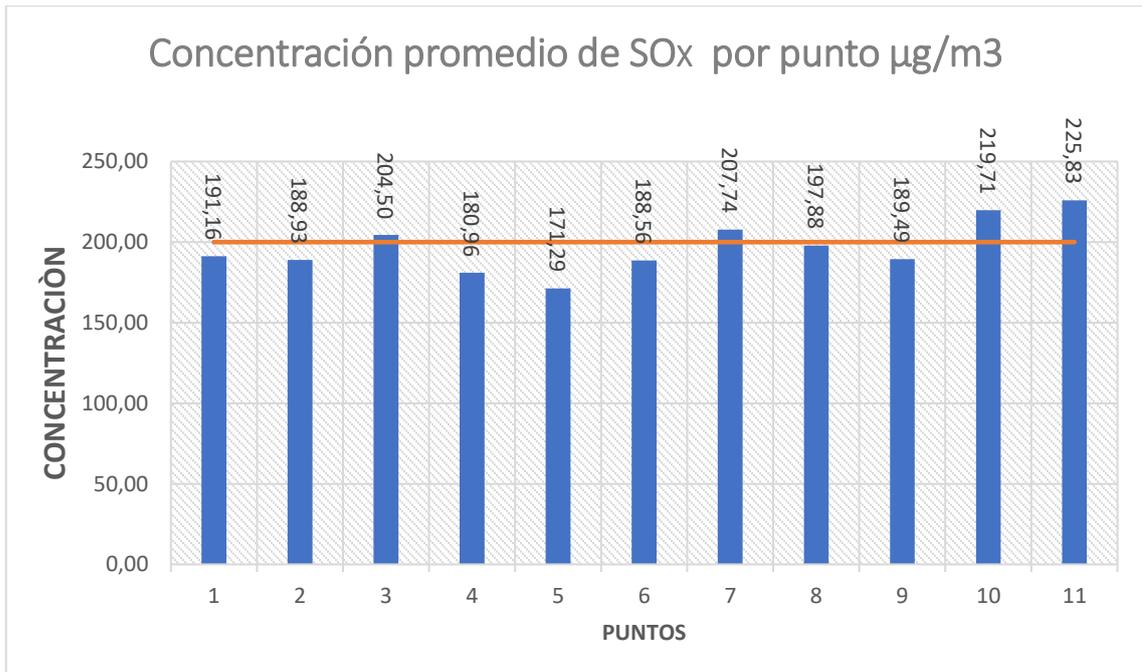
más cerca al mechero petrolero con una concentración de  $375,327\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Acotando a lo mencionado se puede decir de la semana 2, 3, 4 y 5 mantienen valores en un rango de  $200\mu\text{g}/\text{m}^3$ . La semana 7 en el punto 4 presenta el valor más bajo obtenido con  $38,943\mu\text{g}/\text{m}^3$ , consecutiva se encuentra el punto 5 de la semana 1 con  $60,835\mu\text{g}/\text{m}^3$ . En la investigación publicada en diciembre por (Acevedo, et al., 2010, p.9) en su escenario único representando los valores en la tabla 5, existe un valor de contaminante fuera de la refinería de  $283\text{ mg}/\text{m}^3$  siendo el más alto encontrado en la zona, consecutivo se encuentra con  $215\text{ mg}/\text{m}^3$  dentro de la refinería y el valor más bajo encontrado para  $\text{SO}_2$  se encuentra en las áreas residenciales con  $115\text{ mg}/\text{m}^3$  estos valores son representativos en una hora de muestreo mientras que las concentraciones mencionados en la tabla 11-4 en un lapso de siete días son valores bajos en comparación a la investigación.



**Gráfico 11-4:**Concentración ambiente de  $\text{SO}_2$  por punto en la población Sacha Sur.

**Realizado por:** Lalangui, Luz, 2022.

Mediante el gráfico 12-4 se detalla la relación promedio obtenido por cada punto de muestreo, el de menor concentración se encuentra ubicado en el punto 5 con  $171,291\mu\text{g}/\text{m}^3$ , seguido y con mayor cantidad se encuentra el punto 4 con valor de  $180,955\mu\text{g}/\text{m}^3$ ; en comparación con la normativa ambiental vigente para aire ambiente menciona que no debe superar los  $200\mu\text{g}/\text{m}^3$ , es decir que los puntos 3, 7, 10 y 11 superan los límites establecidos ya que se encuentran con concentraciones de  $204,495\mu\text{g}/\text{m}^3$ ;  $207,739\mu\text{g}/\text{m}^3$ ;  $219,712\mu\text{g}/\text{m}^3$  y  $225,830\mu\text{g}/\text{m}^3$  encontrándose en niveles de alerta los puntos antes mencionados. Valores muy similares presentadas en el cuadro de  $298,68\mu\text{g}/\text{m}^3$  para invierno 2 el valor de  $123,14\mu\text{g}/\text{m}^3$  en verano, máximas concentraciones horaria en la Sonda de Campeche, recalca(Mendoza y Graniel, 2007, p.7) que el contaminante que más se aproximó a su límite regulado fue el  $\text{SO}_2$  y son datos muy similares por los encontrados en el gráfico de las concentraciones promedio en la población contigua a la Estación Sacha Sur,



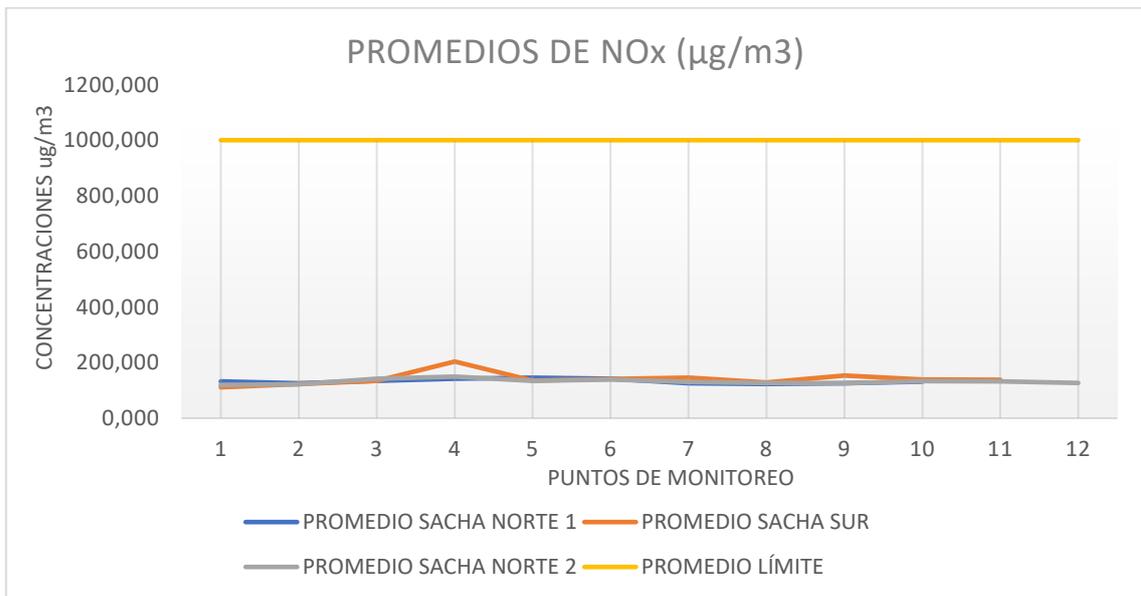
**Gráfico 12-4:** Concentración promedio de SO<sub>2</sub> por punto en la población contigua a la Estación Sacha Sur.

**Realizado por:** Lalangui, Luz, 2022.

#### 4.3. Promedios generales de las poblaciones aledañas a las estaciones petroleras

Mediante los valores obtenidos en las semanas de muestreo del 29 de julio del 2021 hasta el 22 de septiembre del 2021 se realizó un promedio general en base a cada punto de NO<sub>x</sub> y SO<sub>x</sub> de las tres poblaciones contiguas a mecheros petroleros.

#### 4.3.1. NOx



**Gráfico 13-4:** Concentraciones Promedios de las tres poblaciones aledañas a mecheros petroleros.

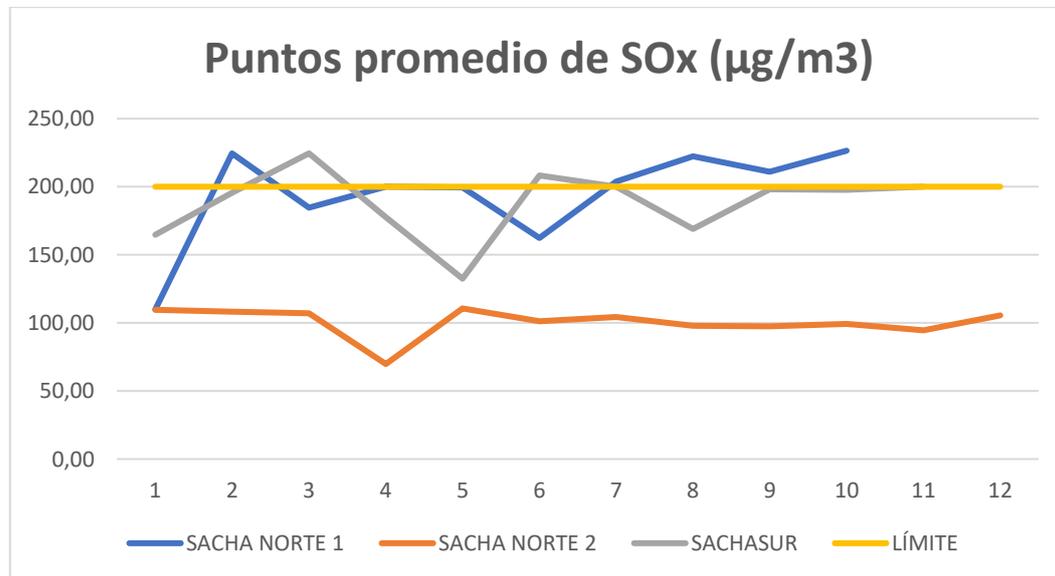
**Realizado por:** Lalangui, Luz, 2022.

Para la visualización de los promedios de NOx obtenidos entre los puntos máximos y mínimos durante las 8 semanas de muestreo en la población contigua a las Estaciones Sacha Norte 1, Sacha Norte 2 y Sacha Sur se presenta la gráfica 13-4 mediante la cual se observa una disposición casi uniforme presentada por las zonas habitadas en las estaciones Sacha Norte 1 punto 4 y Sacha Norte 2, así mismo en Sacha Norte 2 y el punto 5 de Sacha Norte 1 presenta un incremento a  $150\mu\text{g}/\text{m}^3$  siendo este valor el más alto en estas poblaciones, también se debe destacar en las mismas dos zonas existen valores bajos de emisión de dicho contaminante siendo los puntos 2, 7, 8 y 9 llegando a un aproximado de  $125\mu\text{g}/\text{m}^3$ . También se puede presentar valores altos en la población aledaña a la Estación Sacha Sur al igual que en las demás zonas se presencia un incremento considerable en el punto 4 el mismo que se encuentra más cercano a la Estación Sacha Sur, es el caso de (Acevedo, et al., 2010, p.7) en su escenario 1 de Palito- Venezuela, muestreo donde especifica que los mecheros operan al 1%, expresado en un aproximado de 88 horas es decir menos de 4 días al año y presentó  $107000\mu\text{g}/\text{m}^3$  dentro de la refinera, mientras que en áreas residenciales presentó  $4000\mu\text{g}/\text{m}^3$  estos valores representan 10% del total de NOx.

#### 4.3.2. SOx

Las tres poblaciones contiguas a estaciones petroleras con mecheros presentaron los valores de SOx representados por la gráfica 14-4, las poblaciones de Sacha Norte 1 con los puntos 2, 8, 9 y 10; y Sacha Sur en los puntos 3 y 6 reportaron concentraciones superiores al límite permisible

presentado por la tabla de niveles de alerta, alarma y emergencia, valores que superan los 200  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  de  $\text{SO}_2$ . La zona poblada alrededor de la Estación Sacha Norte 2 presenta una secuencia casi lineal en los 100  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  a excepción del punto que manifiesta una disminución de  $\text{NO}_x$ , valor muy cercano a 50  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . (Díaz, et al, 2006, p.7).



**Gráfico 14-4:** Concentraciones Promedio de  $\text{SO}_x$  en las tres poblaciones aledañas a mecheros petroleros.

Realizado por: Lalangui, Luz, 2022.

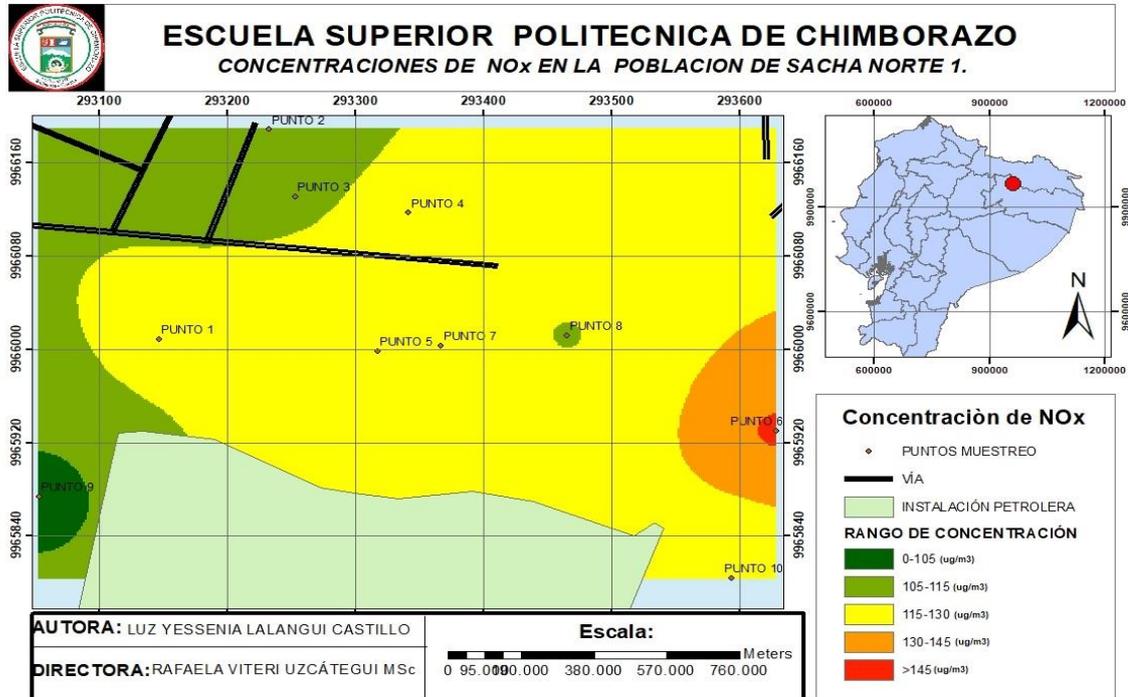
#### 4.4. Mapas de dispersión

En Ecuador existe un promedio aproximado de 140 millones  $\text{ft}^3$  de gas quemados diariamente y el proceso del quemado de gas producto de la extracción del petróleo producen contaminantes del aire a través de dos mecanismos principales. El primer mecanismo es la combustión incompleta de una corriente de gas, porque como todos los dispositivos de combustión, los mecheros no queman todo el combustible que se les dirige. El segundo mecanismo de generación de contaminantes es la oxidación de los gases de combustión para formar otros contaminantes. Como ejemplo, los gases que se queman en antorchas suelen contener azufre en cantidades variables. La combustión oxida estos compuestos de azufre para formar dióxido de azufre, además, la combustión también produce cantidades relativamente menores de óxidos de nitrógeno a través de la oxidación del nitrógeno en el gas de antorcha o el nitrógeno atmosférico en el aire de combustión (Moncayo et al. 2020, p.11; Kbaireyab, 2009, p.5).

Mediante Spatial Tool Interpolation e IDW de ArcGIS, esta herramienta facilitó la interpolación de los datos y generó una diferenciación de colores de acuerdo con las concentraciones, las mismas que se expresan de forma específica en los siguientes mapas de dispersión donde el color

verde oscuro representa los valores de mínima concentración en relación a los valores obtenidos mediante los muestreos y el valor rojo representa altas concentraciones.

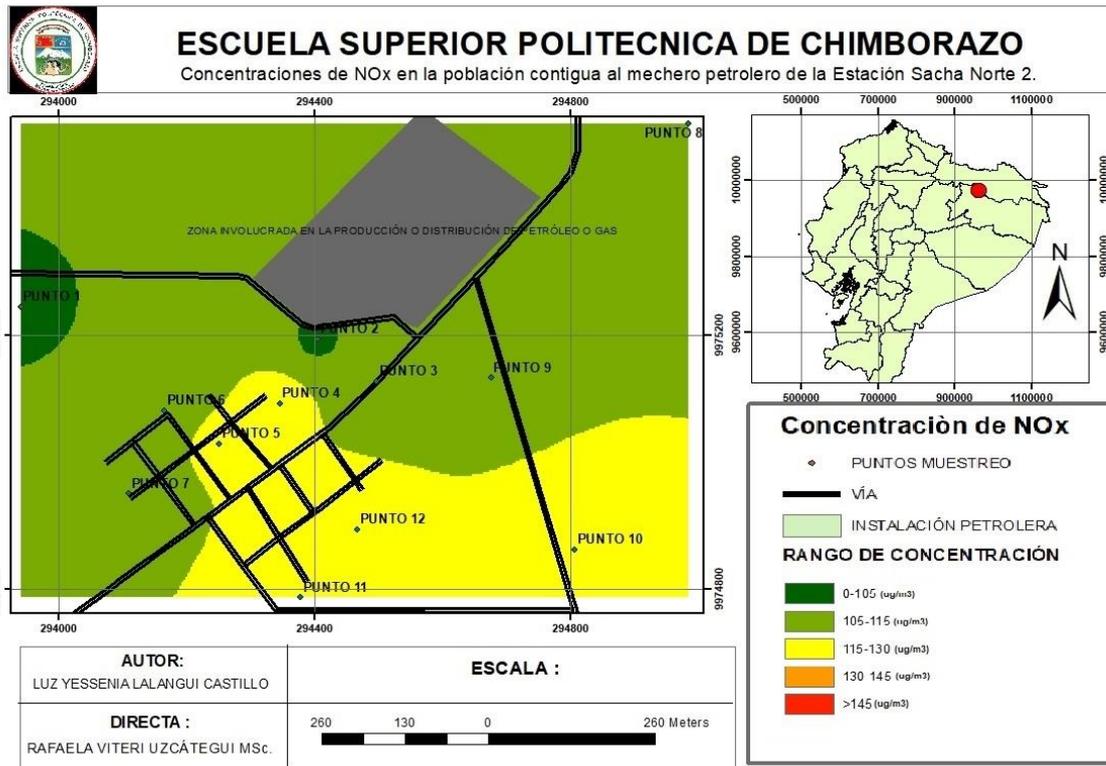
#### 4.4.1. Óxidos de nitrógeno NO<sub>x</sub>



**Figura 4-4:** Mapa de Concentración de NO<sub>x</sub> en la población aledaña a la Estación Sacha Norte 1.

**Realizado por:** Lalangui, Luz, 2022.

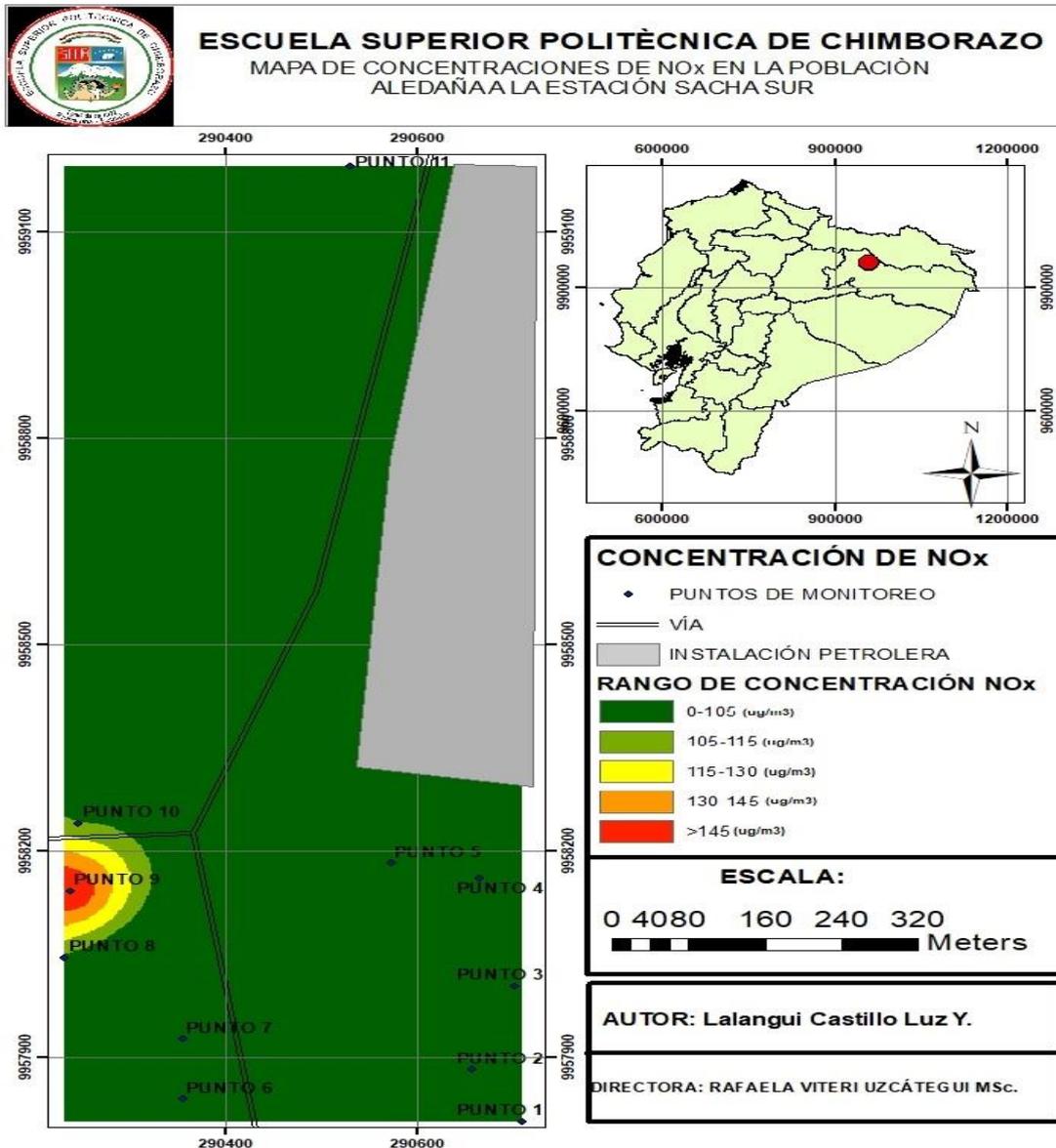
Ogbonda, Coates y Bichard (2017,p. 6) menciona que el proceso de quemado puede producir algunos subproductos indeseables entre ellos los óxidos de nitrógeno los mismo que tienen consecuencias ambientales negativas. La población aledaña al mechero petrolero ubicado en la Estación Sacha Norte 1 presenta mediante la figura 4-4 los diferentes valores en base a cada punto donde se visualiza la mayor concentración en el punto 11 en el rango >145, es decir, hacia el lado noreste de la Estación donde se encuentra el mechero, este punto se encuentra alejado de la calle principal y de la población rodeado por una gran vegetación. El punto 1, 4, 5, 7 y 10 presentan el rango medio de 115 - 130, estos puntos se encuentran más centrados en la población monitoreada a excepción del punto 10 el cual se encuentra al este desde la ubicación del mechero. Los puntos 2, 3 y 9 se encuentran ubicados de manera noroeste y más alejados. Mendoza-Domínguez y Graniel-Peralta (2006. p.5) señala que en su periodo de monitoreo correspondiente a invierno 2, es el periodo que presentó máximas concentraciones, tuvo datos de emisión bajos ya que le favorece las altas actividades del viento a la dispersión del contaminante.



**Figura 5-4:** Mapa de Concentración de NOx en la población aledaña a la Estación Sacha Norte 2.

**Realizado por:** Lalangui, Luz, 2022.

Los puntos de muestreo en la población contigua a la estación Sacha Norte 2 mediante la figura 5-4 no presenta valores superiores al rango medio (115 – 130), acotando se debe mencionar que dentro el rango antes mencionado se encuentran los puntos 4, 5, 10, 11 y 12; puntos que se encuentran en la parte sur y sureste, esta zona se encuentra con escasa vegetación y está en una vía de paso a diferentes comunidades. El punto 2 se encuentra a la parte sur del mechero, sin embargo, el punto 1 presenta rango mínimo. (Díaz, et al, 2006, p.7) señala que las variables meteorológicas como la rapidez y dirección de vientos influyen en la determinación de la propagación y el transporte del contaminante a partir de la fuente de contaminación hacia la población afectada.



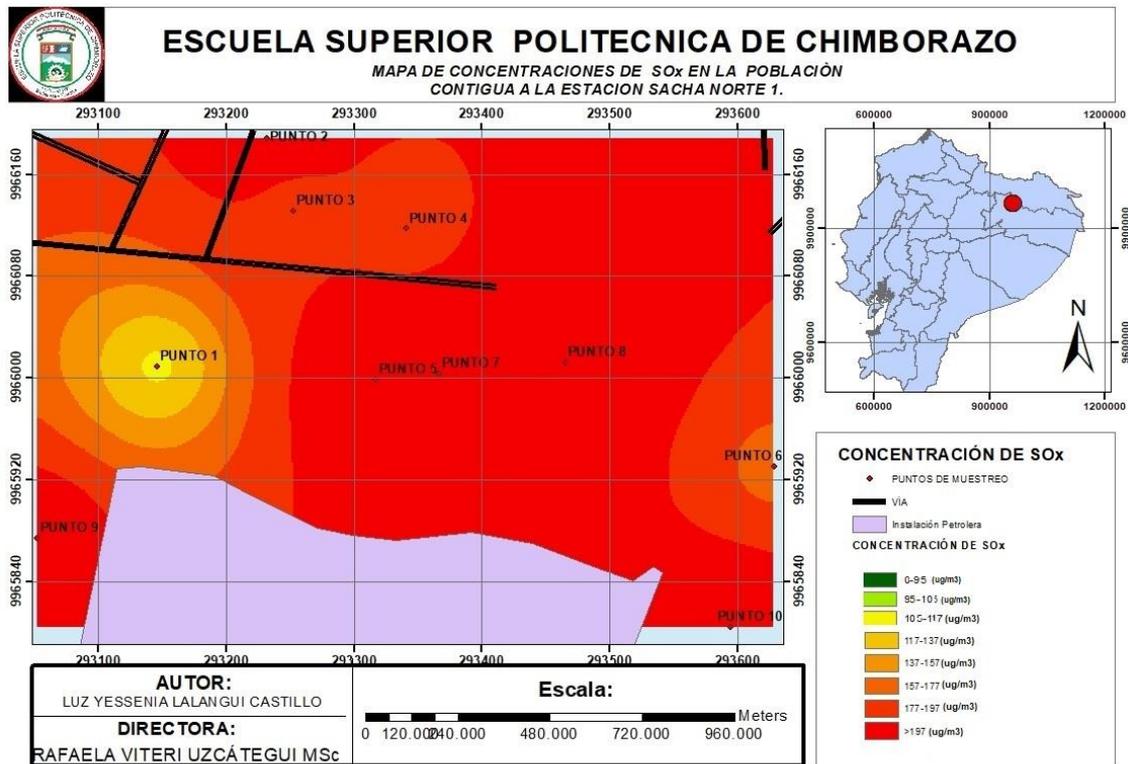
**Figura 6-4:** Mapa de Concentración de NO<sub>x</sub> en la población aledaña a la Estación Sacha Norte 2.

**Realizado por:** Lalangui, Luz, 2022.

Acotando a lo mencionado en el gráfico de Sacha Norte 2, en la figura 6-4 si presenta valores tanto en su rango superior el mismo que se encuentra en el punto 9 ubicado al oeste y en el rango mínimo donde encontramos los puntos 1, 2, 3, 5, 6, 7 y 11 situados al sur, suroeste, oeste y noroeste, sin embargo, los puntos 8 y 10 se encuentran por encima del rango mínimo, menciona (Rojano et al. 2016, p.6) que es importante aplicar un modelo de dispersión, en su caso menciona el modelo Gaussiano, el cual tiene un enfoque estándar para el análisis del transporte de contaminantes en el ambiente debido a la propagación turbulenta y la advección por las corrientes de aire, también especifican mediante fórmulas matemáticas los diferentes procesos físicos que presiden la dispersión atmosférica.

El problema de los otros contaminantes gaseosos (como los Óxidos de Nitrógeno) en el aire ambiente es de menor importancia ya que sus concentraciones sólo se localizan alrededor de su principal fuente emisora (Khaireyab 2009).

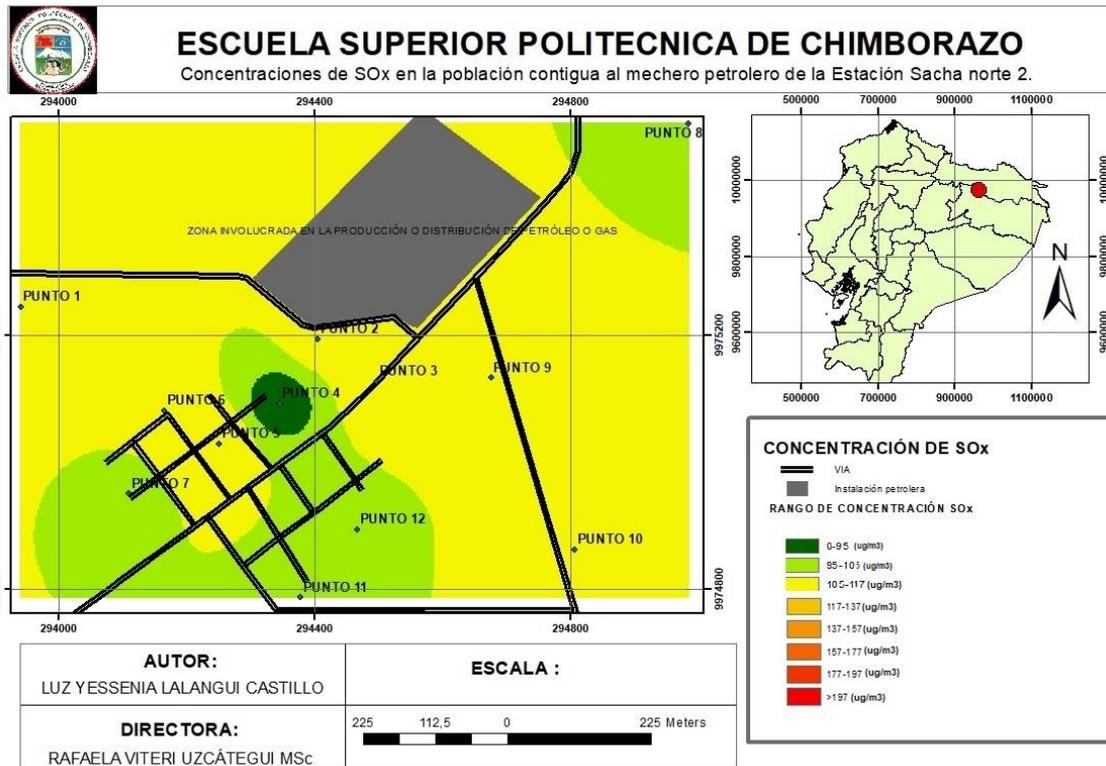
#### 4.4.2. Óxidos de azufre SO<sub>x</sub>



**Figura 7-4:** Mapa de Concentración de SO<sub>x</sub> en la población aledaña a la Estación Sacha Norte 1.

**Realizado por:** Lalangui, Luz, 2022.

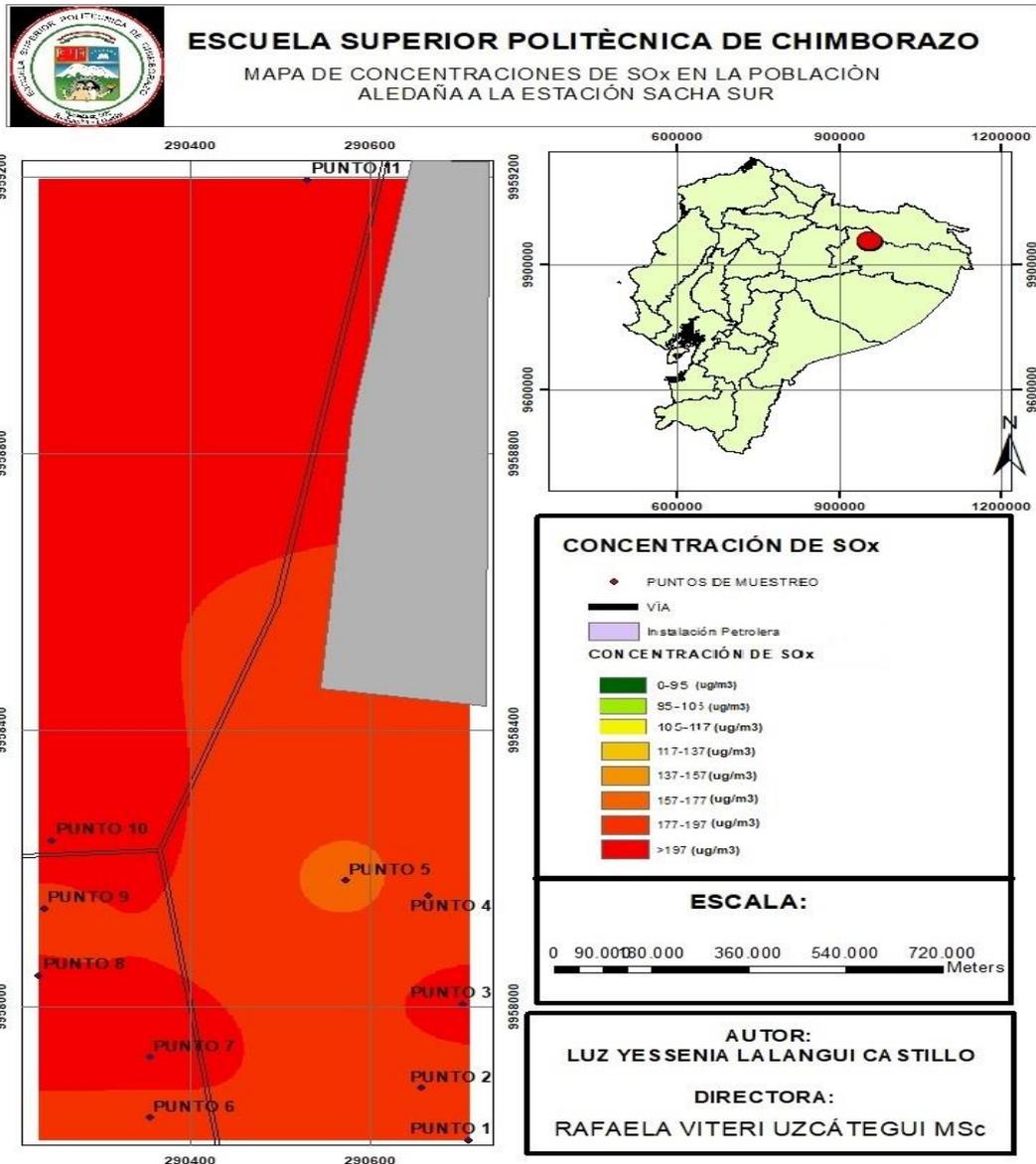
La dispersión de contaminantes también se ve afectada por la variabilidad en la dirección del viento. Por lo tanto, si la dirección del viento es constante, el área estará cubierta por un alto nivel de concentraciones de contaminantes. Sin embargo, la dirección cambia constantemente, entonces habrá dispersión en un área más grande, lo que reducirá los niveles de concentración en cualquier área dada (Kbaireyab, 2009, p. 7). Se puede mencionar que en la población aledaña a la Estación Sacha Norte mediante la figura 7-4, se mantiene en el rango máximo a excepción del punto 1 y punto 6 manteniéndose entre 105 – 117 y 177- 197 respectivamente, Mendoza y Graniel (2003, p.6) variaciones locales contribuyen a una dispersión menor



**Figura 8-4:** Mapa de Concentración de NOx en la población aledaña a la Estación Sacha Norte 2.

**Realizado por:** Lalangui, Luz, 2022

Los muestreos realizados en las poblaciones contiguas a las Estaciones Sacha Norte 1 y Sacha Norte 2 presentan valores muy similares de acuerdo a la figura 8-4, puede deberse a que son poblaciones que se encuentran muy cercanas. (Kbaireyab, 2009, p.5) menciona que existen parámetros que influyen en la dispersión de contaminantes y que las concentraciones son proporcionales a la cantidad de contaminante que se emite, también menciona que en un campo que se encuentra ubicado a 29 km de la fuente, las reacciones químicas atmosféricas y el proceso de eliminación generalmente pueden despreciarse, excepto para contaminantes seleccionados y oxidantes fotoquímicos.



**Figura 9-4:** Mapa de Concentración de NO<sub>x</sub> en la población aledaña a la Estación Sacha Norte 2.

**Realizado por:** Lalangui, Luz, 2022.

La población contigua al mechero petrolero presente en la Estación Sacha Sur mediante la interpolación de datos presenta en la figura 9-4 una elevada distribución de los contaminantes en todas las direcciones monitoreadas esto puede deberse a la estación del año que se monitorea, (Kbaireyab, 2009, p. 6) señala que la temporada de verano y la temporada de invierno son dos condiciones climáticas contrastantes que tendrían efectos opuestos sobre la dispersión de los contaminantes y los niveles de concentración a través de los procesos de transporte y reacción en la atmósfera. En la temporada de invierno, la presencia de la cubierta de nubes resulta en la reducción de la energía solar, la temperatura ambiente y la velocidad del viento, estas condiciones disminuyen las reacciones fotoquímicas y aumentan la incidencia de la inversión superficial que

resulta en una menor mezcla. altura. Así, estas condiciones meteorológicas durante la época invernal tenderían a incrementar las concentraciones de los contaminantes primarios

## CONCLUSIONES

Se evaluó mediante muestreadores pasivos las diferentes concentraciones para NO<sub>x</sub> y SO<sub>x</sub> en las poblaciones contiguas a mecheros petroleros como son Sacha Norte 1, Sacha Norte 2 y Sacha Sur ubicados en la Provincia de Orellana cantón Joya de los Sachas.

En este trabajo se establecieron 66 puntos de muestreo en las tres poblaciones contiguas a mecheros petroleros, los puntos fueron distribuidos 20 en la población de Sacha Norte 1 se ubicaron 10 puntos para NO<sub>x</sub> y 10 para SO<sub>x</sub>, Sacha sur contó con 11 NO<sub>x</sub> y 11 de SO<sub>x</sub> y en Sacha Norte 2 se ubicaron 24 puntos divididos en igualdad para NO<sub>x</sub> y SO<sub>x</sub>. Se ubicaron de manera que no se vean afectados por otras fuentes fijas o móviles de contaminación.

Se determinó las concentraciones de NO<sub>x</sub> y SO<sub>x</sub> mediante muestreadores pasivos en las tres poblaciones contiguas a mecheros petroleros, mediante los resultados que se obtuvieron se debe resaltar que la población de Sacha Sur presentó valores máximos especialmente en la semana 4 y 9, sin embargo las poblaciones de Sacha Norte 1 y Sacha Norte 2 mantuvieron datos muy similares tanto en sus niveles máximos y mínimos. Los valores obtenidos para SO<sub>x</sub> se presentaron con mayor concentración en la Estación Sacha Norte 1 se debe recalcar que la semana uno presentó similares valores con la población de Sacha Norte 2, Sacha Sur presenta incrementos en relación a las dos estaciones monitoreadas, sin embargo, en la semana 5 los datos disminuyen notablemente tanto que sus valores mínimos son cercanos a cero. La estación Sacha Norte 2 se mantienen en un rango a lo largo de las 8 semanas de monitoreo, su punto máximo es notable en la semana 5.

Mediante los mapas realizados se identificó las zonas con mayor concentración de contaminantes. Para NO<sub>x</sub> en las poblaciones aledañas a las estaciones Sacha Norte 1 y Sacha Sur presentan un punto cada una con valor superior a 145,  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  el punto 6 y el punto 9; en cambio en la población contigua a la Estación Sacha Norte 2 presenta el punto 4,5, 10, 11 y 12 con datos que se encontraron entre 115 -130  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Los datos interpretados para SO<sub>x</sub> presentan cantidades en la población contigua a la Estación Sacha Norte 1 con 6 puntos (2,5, 7, 8, 9 y 10) en rango superior a 197  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  dentro del área de estudio seguido se encuentra la población de Sacha Norte 2 con valores máximos presentes en el rango de 105 - 117  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  y finalmente la estación Sacha Sur se encontró los puntos 3, 7, 8, 10 y 11 en valores elevados de 197  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Mediante las concentraciones obtenidas se puede concluir de las tres estaciones monitoreadas la estación Sacha sur presentó el mayor nivel de NO<sub>x</sub> y para SO<sub>x</sub> la estación Sacha Norte 1 y Sacha Sur.

## RECOMENDACIONES

- Verificar la coloración de la Naftilamina, cuando le da los rayos solares o se encuentra caducada se torna color café y esto altera el proceso de coloración de las muestras.
- Continuar ejecutando este tipo de análisis y comprobar cómo a través del tiempo las concentraciones van modificándose tomando en cuenta los diferentes factores meteorológicos (dirección del viento, temperatura, humedad, presión).
- Complementar el estudio con fuentes fijas y móviles de emisión de SO<sub>x</sub> y NO<sub>x</sub> que permitan establecer la relación directa de la contaminación atmosférica entre la concentración y la fuente de origen.

## BIBLIOGRAFÍA

**ACEVEDO, Y., NIÑO, Z. y RAMOS, A.** Riesgos ambientales por emisiones atmosféricas en una refinería de petróleo.2010.*Revista Ingeniería UC* [en línea], vol. 17, no. 3, pp. 85-91.

Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=70721962010>.

**ALMEIDA, A., FAJARDO, P., MALDONADO, A., OROZCO, D., RODRÍGUEZ, M., DE MARCHI, M., FABRIS, G., DE LA FERRA, G., PAPPALARDO, E. y RUGGIER, L.**

Informe mecheros en Ecuador.2020. [en línea], Disponible en: <https://redamazonica.org/wp-content/uploads/Informe-MECHEROS-EN-ECUADOR.pdf>.

**BALLESTER, F.** Air pollution, climate change, and health.2005.*Rev Esp Salud Publica*, vol. 2, pp. 159-175. ISSN 14745488. DOI 10.1016/S1470-2045(15)70238-X.

**BARRY, R. y CHORLEY, R.** *Atmósfera, Tiempo y Clima CFG Atmósfera, Tiempo y Clima* [en línea]. 4. 2007. Barcelona: s.n. Disponible en:

[https://www.academia.edu/43460904/Atmósfera\\_tiempo\\_y\\_clima](https://www.academia.edu/43460904/Atmósfera_tiempo_y_clima).

**BECERRA, S., PAICHARD, E., STURMA, A. y MAURICE, L.** VIVIR CON LA CONTAMINACIÓN PETROLERA EN EL SANITARIO Y CAPACIDAD DE RESPUESTA

Living with oil contamination in Ecuador : social perceptions of health risks and coping capacities también es conocido por ser el país que acoge la biodiversidad más densa del. 2013. *Revista Lider* [en línea], vol. 23, pp. 102-120. Disponible en:

<https://www.revistaliderchile.com/index.php/liderchile/article/view/91/101>.

**BERMEO, J. y VEGA, D.** *Evaluación de contaminantes atmosféricos en los principales mercados de la ciudad de Riobamba*. S.l.: Escuela Superior Politecnica de Chimborazo.2018.

**CALVACHE, J.** Lab IQ 1 CURVA DE CALIBRACION. 2018.[en línea]. S.l.: [Consulta: 25 abril 2022]. Disponible en: [https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/57405796/Lab\\_IQ\\_1-CURVA\\_DE\\_CALIBRACION-with-cover-page-v2.pdf?Expires=1650895649&Signature=c8YeuJzfDcAspGTCQawFT0UW5VCFmBIVdEKk5oBJsVGSshQZS7XPEjNauVzNz3U7rfqcUbFWw0L0THbdVeJToYIngWhzY7YkzeUSmnTl42yhbFW0fd1NIP5aTUG8wrQ](https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/57405796/Lab_IQ_1-CURVA_DE_CALIBRACION-with-cover-page-v2.pdf?Expires=1650895649&Signature=c8YeuJzfDcAspGTCQawFT0UW5VCFmBIVdEKk5oBJsVGSshQZS7XPEjNauVzNz3U7rfqcUbFWw0L0THbdVeJToYIngWhzY7YkzeUSmnTl42yhbFW0fd1NIP5aTUG8wrQ).

**CANCIANO, J., VALLADARES, M., ORDOÑEZ, Y. y HERNÁNDEZ, A.** Muestreo pasivo de contaminantes atmosféricos. 2017. Uso en Cuba Passive sampling of atmospheric

contaminants. Use in Cuba. *Universidad Tecnológica de La Habana "José Antonio Echeverría"*, vol. 18, no. 2, pp. 113-121.

**CASTILLO, A.** *EL DERECHO A LA SALUD DE LOS HABITANTES DEL CANTÓN LAGO AGRIO Y LA EXPLOTACIÓN PETROLERA* 2017 [en línea]. S.l.: UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO. Disponible en: <https://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/12640>.

**CIFUENTES, C.** " *VALIDACIÓN DEL MÉTODO PARA MEDIR GASES CONTAMINANTES ( SO<sub>2</sub> , NO<sub>2</sub> Y O<sub>3</sub> ) MEDIANTE CAPTADORES PASIVOS , INCLUYENDO UN ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO DE LA* 2014 [en línea]. S.l.: UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS ESPE. Disponible en: <http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/9037/1/T-ESPE-048129.pdf>.

**CUESTA, O., WALLO, A., MONTES DE OCA, L., PIERRA, A. y TRICIO, V.** Calidad Del Aire En Zonas Urbanas De Cuba. *XI Congreso de Medio Ambiente*, 2010.

**CUEVA, P.** *ESTUDIO DE SO<sub>2</sub> y NO<sub>2</sub> EMPLEANDO MUESTREO PASIVO EN LA ZONA INDUSTRIAL DE VÍA A LA COSTA - GUAYAQUIL*. 2017. [en línea]. S.l.: ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO. Disponible en: <http://dspace.espe.edu.ec/browse?type=author&value=Cueva+Villafuerte%2C+Patricia+Estefanía>.

**CUEVAS, A.** La atmósfera, sus capas y propiedades. 2019. *Escuela Superior de Cd. Sahagún, Bachillerato* [en línea], pp. 16. Disponible en: [https://www.uaeh.edu.mx/division\\_academica/educacion-media/repositorio/2019/3- semestre/diversidad-espacio-terrestre/docs/la-atmosfera-capas-propiedades.pdf](https://www.uaeh.edu.mx/division_academica/educacion-media/repositorio/2019/3- semestre/diversidad-espacio-terrestre/docs/la-atmosfera-capas-propiedades.pdf).

**DÍAZ, M., COLÁS, J. y PAUMIER, V.** Caracterización geoquímica del medio ambiente en un yacimiento petrolífero cubano. 2006. Parte 1: Aire. *Revista Latinoamericana de Recursos Naturales* [en línea], vol. 2, pp. 25-32. [Consulta: 22 abril 2022]. Disponible en: <https://biblat.unam.mx/hevila/Revistalatinamericanaderecursosnaturales/2006/vol2/no1/3.pdf>.

**FERRER, R.** *ELIMINACIÓN DE NO<sub>x</sub> y SO<sub>2</sub> MEDIANTE MATERIALES ZEOLÍTICOS PREPARADOS A PARTIR DE CENIZAS VOLANTES*. [en línea]. ZARAGOZA: UNIVERSIDAD DE ZARAGOZA. 2010. [Consulta: 24 abril 2022]. Disponible en: <https://zaguan.unizar.es/record/5519/files/TAZ-PFC-2010-452.pdf>.

**GADPO.** *Development and Land Management Plan of the Province of Orellana.* 2015. [en línea]. ORELLANA: s.n. Disponible en: [https://www.gporellana.gob.ec/wp-content/uploads/2015/11/PDYOT-2015-2019\\_ORELLANA\\_ACTUALIZADO.pdf](https://www.gporellana.gob.ec/wp-content/uploads/2015/11/PDYOT-2015-2019_ORELLANA_ACTUALIZADO.pdf).

**GÓMEZ, C..** *Evaluación de la factibilidad del uso del gas natural producido en el campo shushufindi como una alternativa energética para disminuir la contaminación ambiental en el oriente ecuatoriano.* 2016 [en línea]. S.l.: UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA EQUINOCCIAL. Disponible en: [http://repositorio.ute.edu.ec/xmlui/bitstream/handle/123456789/16757/65033\\_1.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.ute.edu.ec/xmlui/bitstream/handle/123456789/16757/65033_1.pdf?sequence=1&isAllowed=y).

**GUERRA, A..** *“Impacto sobre la calidad del aire de una planta de generación de energía eléctrica a base de Fuel Oil”.* 2009. [en línea]. S.l.: Universidad Central "Marta Abreu· de Las Villas. Disponible en: <https://dspace.uclv.edu.cu/bitstream/handle/123456789/1804/Tesis Completa.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

**HIDROCARBUROS, L.E.Y.D.E.,** Ley de hidrocarburos, 1978. Decreto Supremo 2967. Decreto Supremo 2967. 2018

**IARC.** El IARC considera que la contaminación atmosférica es cancerígena para los humanos | Prevención Integral & ORP Conference. 2013. *Calidad y Medio Ambiente* [en línea]. [Consulta: 8 junio 2022]. Disponible en: <https://www.prevencionintegral.com/actualidad/noticias/2017/07/25/iarc-considera-que-contaminacion-atmosferica-es-cancerigena-para-humanos>.

**JARAMILLO, A. y JARAMILLO, K..** *Caso N° 21201-2020-00170 “Acción de Protección por presunta vulneración de derechos constitucionales y humanos por parte del Estado ecuatoriano a las comunidades amazónicas a partir de la autorización otorgada a las petroleras desde 1967 para la quema de.* 2021. [en línea]. S.l.: UNIVERSIDAD SAN GREGORIO DE PORTOVIEJO. Disponible en: [http://181.198.63.90/bitstream/123456789/1915/1/La estimulación temprana como técnica creativa para el desarrollo psicomotor en niños y niñas de 1 a 3 años en la comunidad urbana Cerro Guayabal.PDF](http://181.198.63.90/bitstream/123456789/1915/1/La%20estimulaci3n%20temprana%20como%20t3cnica%20creativa%20para%20el%20desarrollo%20psicomotor%20en%20ni1os%20y%20ni1as%20de%201%20a%203%20a1os%20en%20la%20comunidad%20urbana%20Cerro%20Guayabal.PDF).

**KHAIREYAB, Q..** *Total Flare Emission Inventories of Crude Oil Production Operations from Kuwait Oilfields.* S.l.: Loughborough University. 2009.

**MAAE-ACUERDO MINISTERIAL 097-A.** *Registro Oficial Suplemento 387 de 4 de Noviembre de 2015* [en línea]. S.l.: s.n. Disponible en:  
<http://extwprlegs1.fao.org/docs/pdf/ecu112183.pdf>[http://www.quitoambiente.gob.ec/ambiente/images/Secretaria\\_Ambiente/red\\_monitoreo/informacion/norma\\_ecuato\\_calidad.pdf](http://www.quitoambiente.gob.ec/ambiente/images/Secretaria_Ambiente/red_monitoreo/informacion/norma_ecuato_calidad.pdf).

**MENDOZA-DOMÍNGUEZ, A. y GRANIEL-PERALTA, M.** Estimación de emisiones a la atmósfera provenientes de quemadores elevados de instalaciones petroleras en la Sonda de Campeche. 2006. [en línea], pp. 165-173. [Consulta: 9 abril 2022]. Disponible en:  
<http://www.scielo.org.mx/pdf/iit/v7n3/v7n3a03.pdf>.

**MENDOZA, A. y GRANIEL, M.** EVALUACIÓN EXPLORATORIA DE LA DISPERSIÓN DE CONTAMINANTES EMITIDOS POR OPERACIONES DE QUEMA DE GAS AMARGO EN LA SONDA DE CAMPECHE. 2007. *Rev. Int. Contam. Ambient* [en línea], vol. 19, no. 2, pp. 93-100. Disponible en: <http://www.scielo.org.mx/pdf/rica/v23n3/v23n3a1.pdf>.

**MENDOZA, J.** “*Concentración de Dióxido de Nitrógeno y su incidencia en las infecciones respiratorias agudas en niños menores de 5 años en el distrito de Puente Piedra, 2017*” [en línea]. S.l.: UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO. Disponible en:  
[https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/23982/Delgado\\_Espinoza%2CYaceliMaribel.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/23982/Delgado_Espinoza%2CYaceliMaribel.pdf?sequence=1&isAllowed=y).

**MEZA, M.** EFICIENCIA ENERGÉTICA E INVENTARIO DE GASES DE EFECTO INVERNADERO EN LA INDUSTRIA PETROLERA-CASO: COMPAÑÍA PETROLERA ABC ECUADOR. *Tecnologías Limpias en las Industrias Extractivas Minero-Metalúrgica y Petrolera*. 2006. [en línea], pp. 313-326. Disponible en:  
<http://mineralis.cetem.gov.br/bitstream/cetem/1227/1/313-326.pdf>.

**MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE.** Guía de calidad del aire y educación ambiental. *Ministerio del Medio Ambiente*. 2016. [en línea], pp. 1-103. Disponible en:  
<https://mma.gob.cl/wp-content/uploads/2018/08/Guia-para-Docentes-Sobre-Calidad-del-Aire-003.pdf>.

**MIRANDA, G.** *Evaluación del comportamiento de los contaminantes atmosféricos O<sub>3</sub>, NO<sub>2</sub> y COVs en el efecto fin de semana en el centro histórico de la ciudad de Riobamba*. S.l.: ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO.

**MONCAYO, L., VALLADOLID, R., NARANJO, S., JURADO, L. y MUÑOZ, J..** *Proceso 21201-2020-00170* [en línea]. 2020. S.l.: s.n. ISBN 2120120200017. Disponible en: <https://www.derechosdelanaturaleza.org.ec/wp-content/uploads/2021/05/3.-CASO-MECHEROS-SENTENCIA-PRIMERA-INSTANCIA.pdf>.

**NIETO, J..** *EVALUACIÓN DE CONTAMINANTES ATMOSFÉRICOS PROVENIENTES DEL SECTOR AUTOMOTRIZ EN LA AVENIDA 9 DE OCTUBRE DE LA CIUDAD DE RIOBAMBA*. S.l.: ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO. 2019.

**OGBONDA, U., COATES, P. y BICHARD, E..** The impact of gas flare on oil fields ' environments. *Proceedings of Academicsera*. 2017. [en línea], Disponible en: [http://usir.salford.ac.uk/id/eprint/47028/1/THE IMPACT OF GAS FLARE ON OIL FIELDS' ENVIRONMENTS.pdf](http://usir.salford.ac.uk/id/eprint/47028/1/THE%20IMPACT%20OF%20GAS%20FLARE%20ON%20OIL%20FIELDS%20ENVIRONMENTS.pdf).

**OMS.** Calidad del aire ambiente (exterior) y salud. *Contaminación del aire ambiente (exterior)*. 2021. [en línea]. [Consulta: 15 mayo 2022]. Disponible en: [https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/ambient-\(outdoor\)-air-quality-and-health](https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/ambient-(outdoor)-air-quality-and-health).

**QUEVEDO, O. y CALDERÓN, F..** Spatial distribution of sulfur in the atmosphere of the interior estuary of the Gulf of Guayaquil from passive samplers (Fenn and Poth, 2004) Guayaquil, Ecuador.2018.*Acta Nova* [en línea], vol. 8, pp. 467-493. Disponible en: [http://www.revistasbolivianas.org.bo/pdf/ran/v8n3/v8n3\\_a12.pdf](http://www.revistasbolivianas.org.bo/pdf/ran/v8n3/v8n3_a12.pdf).

**ROJANO, R., MENDOZA, Y., ARREGOCES, H. y RESTREPO, G..** Dispersión de Contaminantes del Aire (PM10, NO2, CO, COV y HAP) emitidos desde una estación modular de compresión, tratamiento y medición de gas natural.2016.*Informacion Tecnologica* [en línea], vol. 27, no. 5, pp. 99-110. ISSN 07180764. DOI 10.4067/S0718-07642016000500012. Disponible en: [http://tesis.udea.edu.co/bitstream/10495/13343/1/RestrepoGloria\\_2016\\_DispersionContaminantesAire.pdf](http://tesis.udea.edu.co/bitstream/10495/13343/1/RestrepoGloria_2016_DispersionContaminantesAire.pdf).

**UZCÁTEGUI, A..** *Reducción catalítica de óxidos de nitrógeno (NOx) en corrientes gaseosas*. 2010. [en línea]. S.l.: UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE VALENCIA. Disponible en: <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/8408/tesisUPV3226.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

## ANEXOS

### ANEXO A. PREPARACIÓN DE CAPTADORES PASIVOS

- Preparación de la curva de calibración SO<sub>x</sub>.



- Preparación de la curva de calibración NO<sub>x</sub>.





➤ Lectura para la curva de calibración.



## ANEXO B. PREPARACIÓN DE CAPTADORES PASIVOS



## ANEXO C. UBICACION DE LOS MUESTREADORES



- Observación del mechero petrolera en el área de muestreo.



## ANEXO D. ANÁLISIS DE LAS MUESTRAS

➤ Pruebas colorimétricas.



➤ Lectura de las muestras.

