



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE CIENCIAS

CARRERA INGENIERÍA AMBIENTAL

EVALUACIÓN DEL SO₂ Y NO₂ EMPLEANDO MUESTREO PASIVO, EN LAS PARROQUIAS LA MATRIZ Y HUACHI GRANDE, CANTÓN AMBATO

Trabajo de Integración Curricular

Tipo: Proyecto de Técnico

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERA AMBIENTAL

AUTORAS: VANESSA KATHERINE LEÓN GUALÁN

MARÍA ESTEFANY TASNA PILAMUNGA

DIRECTOR: ING. JUAN CARLOS GONZÁLEZ GARCÍA

Riobamba – Ecuador

2023

© 2023, Vanessa Katherine León Gualán & María Estefany Tasna Pilamunga

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

Nosotras, Vanessa Katherine León Gualán y María Estefany Tasna Pilamunga, declaramos que el presente Trabajo de Integración Curricular es de nuestra autoría y los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

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

Riobamba, 19 de junio de 2023



Vanessa Katherine León Gualán
175144244-1



María Estefany Tasna Pilamunga
180495897-1

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS
CARRERA INGENIERÍA AMBIENTAL

El Tribunal del Trabajo de Integración Curricular certifica que: El Trabajo de Integración Curricular; tipo: Proyecto de Investigación, **EVALUACIÓN DEL SO₂ Y NO₂ EMPLEANDO MUESTREO PASIVO, EN LAS PARROQUIAS LA MATRIZ Y HUACHI GRANDE, CANTÓN AMBATO**, realizado por las señoritas: **VANESSA KATHERINE LEÓN GUALÁN** y **MARÍA ESTEFANY TASNA PILAMUNGA**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del Trabajo de Integración Curricular, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

FIRMA

FECHA

Ing. Cristina Gabriela Calderón Tapia, MsC.
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL



2023-06-19

Ing. Juan Carlos González García
DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR



2023-06-19

Ing. María Rafaela Viteri Uzcátegui, MsC.
ASESORA DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR



2023-06-19

DEDICATORIA

Dedicó con gran afecto primero a Dios, y a mis padres que han sido mi motivación en toda mi existencia y en mis etapas de vida que me han llevado hasta el día de hoy, a mis hermanas por su gran apoyo en mi camino. Finalmente le agradezco al Ing. Juan Carlos González e Ing. Rafaela Viteri por su acompañamiento y enseñanza a lo largo de este proceso.

Vanessa

Dedicó primero a Dios, por darme la sabiduría para poder culminar mi carrera universitaria. A mis padres: Ángel y María a mis hermanos: Raúl y Fernando, a mis abuelitos, tíos, primo/as y todas las demás personas que me motivaron a seguir adelante con mi meta, así mismo a una personita especial en mi vida. Finalmente le agradezco al Ing. Juan González e Ing. Rafaela Viteri por su acompañamiento y enseñanza a lo largo de este proceso.

María

AGRADECIMIENTO

Nuestros grandes agradecimientos primeramente a Dios, por habernos dado la sabiduría necesaria en cada uno de nuestros pasos en el transcurso de la carrera, por ser la luz en nuestras vidas, por sostenernos en sus brazos en los momentos más difíciles y sobre todo por habernos brindado el conocimiento necesario para lograr culminar con éxitos nuestros estudios. Agradecemos a nuestros padres quienes han sido un pilar fundamental en nuestras vidas, quienes con su apoyo y cariño incondicional nos apoyaron en toda la etapa de preparación académica. Finalmente agradecemos a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL CHIMBORAZO por brindarnos educación de calidad que fomentó nuestras habilidades y destrezas para desenvolvernos en el ámbito laboral, dándonos las herramientas necesarias que nos permitió desarrollarnos como persona, superarnos profesionalmente.

Vanessa & María

ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	x
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	xi
ÍNDICE DE ANEXOS	xiii
RESUMEN.....	xiv
ABSTRACT	xv
INTRODUCCIÓN	1

CAPÍTULO I

1. DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA.....	3
1.1 Planteamiento del problema	3
1.2 Justificación.....	4
1.3 Objetivos.....	5
1.3.1 <i>Objetivo general</i>	5
1.3.2 <i>Objetivos específicos</i>	5

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO	6
2.1 Antecedentes de investigación.....	6
2.2 Bases teóricas	7
2.2.1 <i>Atmósfera</i>	7
2.2.2 <i>Funciones de la atmósfera</i>	7
2.2.2.1 <i>Filtración de los rayos solares</i>	8
2.2.2.2 <i>Mantenimiento y distribución de la temperatura</i>.....	8
2.2.2.3 <i>Autodepuración</i>.....	8
2.2.2.4 <i>Contaminación atmosférica</i>.....	8
2.2.2.5 <i>Contaminación del aire</i>	9
2.2.3 <i>Clasificación de los contaminantes atmosféricos</i>.....	9
2.2.4 <i>Principales contaminantes atmosféricos</i>	10
2.2.5 <i>Fuentes emisiones de los contaminantes atmosféricos</i>	12
2.2.6 <i>Dióxido de azufre (SO₂)</i>.....	13
2.2.7 <i>Dióxido de nitrógeno (NO₂)</i>.....	15

2.2.8	<i>Técnicas de muestreo</i>	16
2.2.9	<i>Análisis de muestras</i>	18
2.2.10	<i>Software para la dispersión de los SO₂, NO₂</i>	19
2.3	Base legal	19

CAPÍTULO III

3.	MARCO METODOLÓGICO	21
3.1	Tipo de investigación	21
3.2	Diseño de la investigación	21
3.3	Localización de estudio	22
3.4	Población de estudio	22
3.5	Selección de muestra	23
3.6	Técnicas de recolección de datos	23
3.6.1	<i>Selección de números de puntos</i>	23
3.6.2	<i>Determinación del tiempo de muestreo</i>	24
3.6.3	<i>Determinación de la frecuencia de muestreo</i>	24
3.6.4	<i>Parámetros ambientales a tomar en cuenta</i>	24
3.7	Método de muestreo	24
3.7.1	<i>Elaboración de muestreadores pasivos</i>	24
3.7.1.1	<i>Muestreadores para Dióxido de Nitrógeno (NO₂)</i>	24
3.7.1.2	<i>Muestreadores para Dióxido de Azufre (SO₂)</i>	26
3.7.1.3	<i>Colocación de muestreadores en los puntos de monitoreo</i>	26
3.7.1.4	<i>Transporte y conservación de los captadores pasivos de SO₂ y NO₂</i>	26
3.8	Análisis de muestreadores pasivos	27
3.8.1	<i>Análisis de muestreadores de Dióxido de Nitrógeno (NO₂)</i>	27
3.8.2	<i>Método de obtención para las concentraciones del NO₂</i>	28
3.9	Análisis de muestreadores de Dióxido de Azufre (SO₂)	30
3.10	Análisis espectrofotométrico de UV-visible	33
3.11	Corrección de resultados	33
3.12	Análisis estadístico	34
3.12.1	<i>Almacenamiento de información</i>	34
3.12.2	<i>Análisis estadístico empleando el software SPSS</i>	34
3.12.3	<i>Mapa de concentración utilizando Arcgis 10.5</i>	34
3.13	Ingeniería de procesos	35

CAPÍTULO IV

4.	MARCO DE ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.....	36
4.1	Puntos de muestreo en las zonas de estudio.....	36
4.2	Representación de las técnicas de recolección de datos.....	38
4.3	Concentraciones medidas de NO₂ y corregidas de acuerdo con las condiciones de la localidad según la normativa	40
4.4	Análisis de las concentraciones de NO₂ y SO₂ empleando ArcGIS.....	49
4.5	Análisis estadístico	61
4.6	Medidas de prevención de la calidad de aire en las zonas de estudio	63
4.6.1	<i>Medidas para mejorar la calidad de aire y prevenir su deterioro</i>	63

CAPÍTULO V

5.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	65
5.1	Conclusiones	65
5.2	Recomendaciones	66

GLOSARIO

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2-1: Clasificación de los contaminantes atmosféricos gaseosos	10
Tabla 2-2: Clasificación de material particulado	12
Tabla 2-3: Efectos del Dióxido de azufre.....	14
Tabla 3-1: La relación de la absorbancia y la concentración de nitritos en el tubo	29
Tabla 3-2: La relación de la absorbancia y la concentración de sulfatos en el tubo	31
Tabla 4-1: Puntos georreferenciados de SO ₂ y NO ₂ en la parroquia Huachi Grande de la ciudad de Ambato.	36
Tabla 4-2: Puntos georreferenciados de SO ₂ , NO ₂ en la parroquia La Matriz de la ciudad de Ambato.....	37
Tabla 4-3: Concentraciones de NO ₂ y SO ₂ promedio por puntos de muestreo	40
Tabla 4-4: Medidas estadísticas para los contaminantes	61
Tabla 4-5: Prueba de normalidad para las concentraciones de SO ₂ y NO ₂	62
Tabla 4-6: Medidas de prevención.....	64

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 3-1: Localización de la zona de estudio para el análisis (Huachi Grande)	22
Ilustración 3-2: Localización de la zona de estudio para el análisis (La Matriz)	23
Ilustración 3-3: Curva de calibración para la concentración de nitritos	29
Ilustración 3-4: Curva de calibración utilizada para SO ₂	32
Ilustración 4-1: Puntos de muestreo de SO ₂ , NO ₂	37
Ilustración 4-2: Puntos de muestreo de SO ₂ y NO ₂	38
Ilustración 4-3: Preparación de la solución muestreadora	38
Ilustración 4-4: Colocación de los muestreadores	39
Ilustración 4-5: Análisis de muestreadores pasivos.....	39
Ilustración 4-6: Concentraciones promedio de NO ₂ encontradas en el paso lateral parroquia Huachi Grande	41
Ilustración 4-7: Concentraciones semanales para el NO ₂ en el paso lateral parroquia Huachi Grande	42
Ilustración 4-8: Concentraciones por punto muestreado para el NO ₂ en la parroquia La Matriz	43
Ilustración 4-9: Concentraciones promedio semanal para el NO ₂ en la parroquia La Matriz....	44
Ilustración 4-10: Concentración promedio de SO ₂ por punto, en la parroquia La Matriz	45
Ilustración 4-11: Concentración promedio de SO ₂ semanal, en la Parroquia La Matriz	46
Ilustración 4-12: Concentración promedio de SO ₂ por punto (µg/m ³), en la Parroquia Huachi Grande	47
Ilustración 4-13: Concentración promedio de SO ₂ semanal (µg/m ³), en la Parroquia Huachi Grande	48
Ilustración 4-14: Mapa de dispersión de NO ₂ (Huachi Grande)	49
Ilustración 4-15: Mapa de dispersión de NO ₂ (Huachi Grande) en la primera semana.....	50
Ilustración 4-16: Mapa de dispersión de NO ₂ (Huachi Grande) en la octava semana.....	51
Ilustración 4-17: Mapa de dispersión de SO ₂ (Huachi Grande).....	52
Ilustración 4-18: Mapa de dispersión de SO ₂ (Huachi Grande) en la primera semana	53
Ilustración 4-19: Mapa de dispersión de SO ₂ (Huachi Grande) en la octava semana	54
Ilustración 4-20: Mapa de dispersión de NO ₂ (La Matriz)	55
Ilustración 4-21: Mapa de dispersión de NO ₂ (La Matriz) en la primera semana.....	56
Ilustración 4-22: Mapa de dispersión de NO ₂ (La Matriz) en la octava semana.....	57
Ilustración 4-23: Mapa de dispersión de SO ₂ (La Matriz).....	58
Ilustración 4-24: Mapa de dispersión de SO ₂ (La Matriz) en la primera semana	59

Ilustración 4-25: Mapa de dispersión de SO₂ (La Matriz) en la octava semana60

ÍNDICE DE ANEXOS

- ANEXO A:** SITUACIÓN DE LA PARROQUIA LA MATRIZ
- ANEXO B:** SITUACIÓN DE LA PARROQUIA LA HUACHI GRANDE
- ANEXO C:** COLOCACIÓN DE MUESTREADORES PASIVOS EN LAS ZONAS DE ESTUDIO
- ANEXO D:** PREPARACIÓN DE SOLUCIONES CAPTADORAS Y ANÁLISIS DE CAPTADORES PASIVOS EN LOS LABORATORIOS
- ANEXO E:** ABSORBANCIAS OBTENIDAS
- ANEXO F:** AUTORIZACIÓN DE USO DE POSTES DEL ALUMBRADO PÚBLICO

RESUMEN

En el presente estudio se evaluó la concentración de dióxido de azufre y dióxido de nitrógeno, en las parroquias la Matriz y Huachi Grande, del cantón Ambato durante el período octubre-diciembre 2022, escogidas debido a su gran afluencia vehicular y las actividades productivas. Se empleó la metodología de muestreo pasivo con soluciones captadoras de Trietanolamina y N-butanol en tubos de plástico colocados una altura de 2,5 m con protección para lo cual inicialmente se definió 20 puntos de monitoreo seleccionados arbitrariamente, se recogió en 8 ocasiones durante 7 días por vez, posteriormente se analizó en el espectrofotómetro UV, determinándose valores de absorbancia de cada gas necesarias para calcular sus concentraciones ($\mu\text{g}/\text{m}^3$). Los análisis de las muestras mostraron las concentraciones más elevadas para el NO_2 con 119,967 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en Huachi Grande así también con 119,314 y 115,589 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ para la Matriz las mismas se encuentra por encima de la normativa la cual establece un valor no mayor de 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, para el SO_2 las concentraciones más altas fueron de 130,208 y 127,048 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en Huachi grande en cambio para la Matriz de 94,034 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, estas superan lo establecido por la normativa (60 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), se atribuye principalmente a la gran afluencia de actividades antropogénicas que genera la combustión. El análisis estadístico nos indicó que las concentraciones de NO_2 en Huachi Grande y La Matriz presentaron una distribución normal, mientras que las concentraciones de SO_2 no presentaron una distribución normal. Se recomienda que para los futuros trabajos se realicen estudios en las zonas próximas, con un análisis de concentración diaria que permita evaluar con mayor precisión las concentraciones de los gases y además realizar la correlación de las concentraciones con los datos meteorológicos que indique la relación directa con la distribución de los contaminantes.

Palabras clave: <DIÓXIDO DE NITRÓGENO (NO_2)>, <DIÓXIDO DE AZUFRE (SO_2)>, <MUESTREO PASIVO>, <HUACHI GRANDE (PARROQUIA)>, <LA MATRIZ (PARROQUIA)>.

1480-DBRA-UPT-2023



ABSTRACT

In this study, the sulfur dioxide and nitrogen dioxide concentration was evaluated in the La Matriz and Huachi Grande parishes in Ambato from October to December 2022. This period was chosen due to its large vehicular influx and productive activities. The passive sampling methodology was used with Triethanolamine and N-butanol capture solutions in plastic tubes placed at a height of 2.5 m with protection for which 20 arbitrarily selected monitoring points were initially defined; it was collected eight times for seven days. Subsequently, it was analyzed in the UV spectrophotometer, determining the absorbance values of each gas necessary to calculate their concentrations ($\mu\text{g}/\text{m}^3$). The analyzes of the samples showed the highest concentrations for NO_2 with 119,967 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ in Huachi Grande as well as 119,314 and 115,589 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ for the Matrix, which are above the regulations, which establish a value no higher than 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, for SO_2 . The highest concentrations were 130,208 and 127,048 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ in Huachi Grande; conversely, for the Matrix of 94,034 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, these exceed what is established by the regulations (60 $\mu\text{g}/\text{m}^3$). This problem is mainly attributed to combustion's large influx of anthropogenic activities. The statistical analysis indicated that the NO_2 concentrations in Huachi Grande and La Matriz presented a normal distribution, while the SO_2 concentrations did not present a normal distribution. It is recommended that future work studies be carried out in the nearby areas, with a daily concentration analysis that allows for a more precise evaluation of the gas concentrations and to correlate the concentrations with the meteorological data that indicates the direct relationship with the distribution of pollutants.

Keywords: < <NITROGEN DIOXIDE (NO_2)>, <SULFUR DIOXIDE (SO_2)>, <PASSIVE SAMPLING>, <HUACHI GRANDE (PARISH)>, <LA MATRIZ (PARISH)>.



Ing. Paul Obregón. Mgs

0601927122

INTRODUCCIÓN

En el Ecuador la problemática ambiental es uno de los principales objetos de estudio, principalmente en las grandes ciudades como Guayaquil, Quito y Cuenca en donde las concentraciones de los contaminantes son mayormente elevadas, debido a su desarrollo poblacional, el auge industrial y manufacturero, además del creciente parque de automotores. Sin embargo, aunque en las grandes ciudades se observan estas situaciones, en el resto del país no se han quedado atrás en sus avances, lo que conlleva a presentar situaciones similares.

Según (Vega & Andi, 2019) la contaminación del aire ha mostrado concentraciones elevadas en varios lugares, donde las políticas ambientales no han seguido el ritmo de crecimiento, dando como consecuencia que la calidad del aire sea mala, esto puede deberse por motivos naturales o antropogénicos, y al efecto de los cambios que se tiene en la atmósfera.

Los procesos productivos y las formas de supervivencia del ser humano cuenta como factores importantes que afectan la calidad del aire, atribuyendo al sector del transporte con el 80 % y en un 20 % se ubica las industrias, los hogares y microempresas, donde se ha realizado iniciativas de acción como es la siembra de árboles, reducciones y controles de emisiones, entre otros, las mismas que no brinda una solución eficiente para mejorar la salud de la población que se encuentra expuesta a los contaminante atmosféricos en periodos de tiempo largos, ocasionando graves problemas respiratorios y hepáticos (Villafuerte, 2017).

La ciudad de Ambato agrupa en su mayoría actividades que causan la contaminación del aire como se encuentra el sector industrial y el comercio que son grandes sustentos de la economía; el flujo vehicular para estas actividades, muestran un gran porcentaje de emisiones de contaminantes. De acuerdo (MAYORGA et al., 2020) en el Ecuador y por consiguiente en Ambato no existe gran avance en la tecnología vehicular por lo que funcionan con combustibles de calidad baja, por ende, se ve más propenso el aumento de concentraciones al aire.

El presente trabajo se ubicó tanto en el parque 12 de Noviembre localizado en la parroquia La Matriz como en el paso lateral de la parroquia Huachi Grande del cantón Ambato, ya que se observó gran afluencia de vehículos al ser puntos óptimos de transporte para la ciudadanía, además no hay antecedentes descritos en las zonas de estudio, mostrando así la falta de conocimiento en los pobladores con respecto a la contaminación del aire lo que restringe la toma de medidas para precautelar la salud y proteger al medio ambiente. En este estudio se empleará el muestreo pasivo para la determinación de la concentración de S02, NO2 y material particulado

sedimentable en el ambiente, posteriormente se modelará las concentraciones de los contaminantes de estudio, para ello se usará softwares computacionales como es el ArcGIS con fin de conocer los puntos focos de riesgos y finalmente se propondrá estrategias para la mitigación de estos contaminantes que permita una mejora en la calidad del aire de los sectores.

CAPÍTULO I

1. DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA

1.1 Planteamiento del problema

La contaminación del aire es un problema ambiental a nivel mundial, se encuentra presente en las sociedades indistintamente de su desarrollo económico, del nivel de crecimiento poblacional, urbanización, el desarrollo de las diversas actividades a nivel de las industrias, la sobre explotación de recursos naturales, la agroindustria, y uno de los más importantes el incremento de unidades automotoras a nivel mundial, esto conlleva al consumo excesivo de combustibles fósiles (Rosenson et al., 1991).

Entre los contaminantes más importantes son provenientes de emisiones primarias y de actividades antropogénicas. Entre los gases emitidos por los vehículos automotores son: monóxido de carbono (CO), óxidos de nitrógeno (NOx), hidrocarburos no quemados, plomo, oxidantes fotoquímicos, en menor cantidad las partículas suspendidas totales de dióxido de azufre y los compuestos orgánicos volátiles son responsable de contaminación atmosférica, que afecta en la salud del ser humano dando como consecuencia muerte anuales y enfermedades como el asma, cefalea, cáncer de pulmón, irritación ocular (Corral, 2017).

La contaminación del aire afecta a zonas rurales como también urbanas, pero más se concentra en las ciudades en donde la vulnerabilidad a estos tipos de contaminantes es más alta, ya que estos espacios se centran próximos a actividades humanas, tránsito vehicular y a distintos tipos de empresas que emite los gases directamente hacia su exterior que resulta con efectos ambientales negativos y afecciones en la salud (Querol Cumbreira, 2016).

La ciudad de Ambato es una de las ciudades del Ecuador que ha tenido un gran crecimiento económico y poblacional y constituye una parte del motor industrial y comercial que a lo largo del tiempo ha provocado un efecto positivo económicamente en la población, mientras, por otro lado, la misma causa ha provocado efectos perjudiciales tales como la contaminación al aire.

La contaminación del aire en la ciudad de Ambato se ha concentrado por las actividades de la población y previamente descrito por las industrias y, además la existencia de situaciones específicas como la actividad del volcán Tungurahua, genera que el problema de la contaminación del medio ambiente, especialmente al aire se agrave.

1.2 Justificación

La contaminación atmosférica es un serio problema ambiental proveniente tanto de fuentes naturales como antropogénicas, las mismas que deben ser monitoreadas adecuadamente para no afectar la vida de los ciudadanos.

La alta concentración de SO_2 y NO_2 como contaminantes demuestra un gran interés para determinar el problema ambiental y social, que provoca efecto negativo prolongado en la salud humana, dando como resultado enfermedades respiratoria como la bronquitis, y en consecuencia aumenta el riesgo a enfermedades cardiovasculares (PARDO, 2019).

La realización de este trabajo se justifica principalmente en mejorar y asegurar la calidad de vida de los pobladores en los sectores de estudio mediante el registro y obtención de resultados significativos y reales de la emisión de SO_2 y NO_2 , para ello se emplea la técnica de muestreo pasivo que permita colocar los puntos estratégicos en ambos sectores y posteriormente su cuantificación por la espectrofotometría. El trabajo es viable económicamente debido a que la técnica es confiable y de bajo costo económico, este será patrocinado por fondos propios en gran parte y financiado por la institución.

En el desarrollo del presente trabajo se tiene como beneficiarios directos a los habitantes de las parroquias Huachi Grande (paso lateral) y la Matriz (parque 12 de noviembre), pues a través del conocimiento e información actualizada de las concentraciones de los contaminantes atmosféricos como el SO_2 , y NO_2 permite plantear acciones correctivas que disminuya los impactos generados en la zona de estudio. Este proyecto aportará de manera académica y ambiental.

El tema escogido se debe a la importancia de garantizar una buena calidad de vida de los habitantes, igualmente para preservar la diversidad que puede verse afectada por la contaminación del aire. La importancia de analizar los impactos generados en conjunto con aspectos meteorológicos y antropogénicos de la zona da la factibilidad de poder indagar para futuras propuestas a cambios e implementación de normativa que resguarde cada uno de los derechos de la vida. El presente trabajo de titulación puede resultar útil en posteriores trabajos que muestran los contaminantes estudiados y su manejo en el futuro.

1.3 **Objetivos**

1.3.1 Objetivo general

- Evaluar las concentraciones de SO₂ y NO₂ empleando muestreo pasivo, en las parroquias La Matriz y Huachi Grande en Ambato.

1.3.2 Objetivos específicos

- Determinar la variabilidad de las concentraciones de SO₂ y NO₂ en los puntos de muestreo ubicados tanto en La Matriz como en Huachi Grande.
- Diseñar mapas de dispersión de los contaminantes evaluados en base al análisis de datos en los sectores de 12 de noviembre (La Matriz) y a la entrada al paso lateral de Huachi Grande mediante el empleo de softwares computacionales.
- Establecer medidas de preservación de la calidad del aire en las zonas de estudio.

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes de investigación

La contaminación en la atmósfera mostró un impacto grande desde los comienzos de siglo XIX, siendo las altas concentraciones que son emitidas por las industrias como una de las causas del deterioro de ambiental del aire, así también las actividades humanas como el transporte que tienen como fuente para su funcionamiento el uso de combustibles, lo que genera y se desarrolla la problemática de la presencia de diferentes contaminantes (partículas y gases) en la atmósfera (Romero et al., 2006).

En el año 2017 la investigación realizada por Freire Sandra se estudió contaminantes como el NO_2 y O_3 mediante su tema “Determinación de la Eficiencia de la Estación de Monitoreo de Calidad del Aire del GAD Municipalidad de Ambato mediante los Contaminantes Dióxido de Nitrógeno y Ozono”. Establecieron 21 puntos de monitoreo y se empleó el muestreo pasivo para el proceso y analizaron mediante espectrofotometría. La correlación de los resultados dados por el muestreo pasivo y la estación de monitoreo reportaron que para el ozono no hubo una relación significativa, pero para el dióxido de nitrógeno la relación fue moderada. Concluyeron la eficiencia de los dos contaminantes siendo así que en un 37.8 % para Ozono troposférico y 47.6 % para el dióxido de nitrógeno (Freire, 2017).

En 2017 se desarrolló en la ciudad de Guayaquil un estudio titulado “Estudio de SO_2 y NO_2 Empleando Muestreo Pasivo en la Zona Industrial de vía a la Costa – Guayaquil”. Usaron la metodología de muestreadores pasivos en un total de 20 puntos que fueron escogidos aleatoriamente. Con el análisis de las muestras calcularon las concentraciones de los gases revisando los valores máximos comparando con la Norma Ecuatoriana. Obtuvo mapas en donde se observó la variación de concentración en el área de estudio. Con ello concluye que no hay correlación entre los parámetros meteorológico y la concentración obtenida de los captadores pasivos, es decir, no influye la permanencia de los gases contaminantes en el sector estudiado, pues su dispersión no fue significativa y las concentraciones halladas no sobrepasaron el límite permisible por la norma (Villafuerte, 2017).

La gran parte de las actividades económicas de sustento de las parroquias La Matriz y Huachi Grande se centran en áreas tales como la fruticultura, medianas y pequeñas industrias de textiles

o manufactureras, crianza de especies menores, comercio al por mayor y menor de productos, actividades de alojamiento, servicio de comidas, administración pública y defensa, actividades científicas y técnicas, transporte y almacenamiento y entre otras actividades de servicio, que provocan conflictos en la movilidad y tienen altos niveles de consumo de energía, lo cual provoca emisiones de contaminantes atmosféricos.

2.2 Bases teóricas

2.2.1 *Atmósfera*

La atmósfera es una capa gaseosa que cubre toda superficie del planeta tierra, que posee un espesor de 2.000 km aproximadamente. Se encuentra compuesta de diferentes tipos de gases y líquidos, conformadas por moléculas y átomos en suspensión y por la acción de la gravedad son atraídas hacia la Tierra.

La atmósfera se encuentra en estado gaseoso la cual se extiende y se comprime con facilidad. La mitad de la masa atmosférica posee un espesor alrededor de 6 km, capa que se encuentra en contacto con el suelo.

La atmósfera tiene un papel importante que aporta como una tibia sabana de aire para el planeta Tierra, permitiendo la diferencia entre la temperatura de la noche y del día que no sea tan prolongada. Si no se tendrían temperaturas extremadamente altas, aproximadamente de unos 82°C de día y de noche hasta unos 140°C bajo cero, de la misma manera como ocurre en la luna (Bermeo & Vega, 2018).

De acuerdo a la variabilidad de la presión y temperatura, acorde se asciende desde la superficie las diferentes capas se denomina troposfera, estratosfera, mesosfera y termosfera.

2.2.2 *Funciones de la atmósfera*

Las diversas funciones que existen en la atmósfera son imprescindibles en las etapas y desarrollo de la vida sobre la Tierra.

2.2.2.1 Filtración de los rayos solares

La radiación emitida por el sol es filtrada por diferentes capas atmosféricas, con el fin de lograr la conservación de la vida en la superficie del suelo, a través de diferentes gases que lo conforman, las mismas que absorben y prohíben el recorrido por el suelo, de tal forma que evaden efectos dañinos en los seres vivos (Villafuerte, 2017).

2.2.2.2 Mantenimiento y distribución de la temperatura

El planeta Tierra posee una temperatura promedio de 16°C, que no es constante debido al ángulo de incidencia de la radiación solar y la inclinación del giro de eje, esta temperatura es mantenida por la presencia de gases de efecto invernadero. Cabe mencionar que la presencia de la capa atmosférica ayuda a la circulación correcta del calor proveniente del sol, la misma que en Ecuador es alta y en los polos se va descendiendo (Villafuerte, 2017).

2.2.2.3 Autodepuración

El ininterrumpido movimiento de la troposfera mantiene el equilibrio de las concentraciones de los gases para lograr un desarrollo adecuado de la vida. Además, la presencia de radicales –OH que son los causantes de la degradación de contaminantes inorgánicos y orgánicos que con una cierta cantidad de reactividad ayudan a la autodepuración (Villafuerte, 2017).

2.2.2.4 Contaminación atmosférica

La contaminación atmosférica para el ser humano no es un fenómeno nuevo, cabe recalcar que por los avances tecnológicos que van de la mano con la revolución industrial, los efectos en la atmósfera han sido evidentes.

La acidificación y la eutrofización de los ecosistemas y el deterioro de la capa ozono, a causa de fenómenos que provienen directamente de actividades antropogénicas y naturales están a gran escala enlazados a la emisión de contaminantes atmosféricos, y llegan a comprender en la sociedad la gravedad de impactos que produce sus actividades y la responsabilidad que se debe tener en cuenta al momento de implementar algún tipo de actividad económica (Gallego, 2013).

2.2.2.5 *Contaminación del aire*

Según el (Ministerio del Ambiente Ecuador, 2011), se define a un contaminante del aire a cualquier tipo de sustancia o material que es emitido a la atmósfera, ya sea por medio de actividades antropogénicas o por procesos naturales, que se puede encontrar en suficientes concentraciones, que llegan a inferir en la salud y afectar al medio ambiente en general.

2.2.3 *Clasificación de los contaminantes atmosféricos*

Según su origen se clasifican en:

Antropogénicos: Es la contaminación causada por las actividades humanas, en las cuales se incluye la extracción, la distribución, el transporte que genera consumo de los combustibles fósiles, las actividades del sector industrial, la gestión de residuos, la ganadería, la agricultura y otros tipos de actividades que llegan a generar gases contaminantes.

Naturales: Son provenientes de diferentes procesos naturales incluidas las erupciones volcánicas y marinas, erosión de los suelos, polvos arrastrados por el viento, incendios forestales. Esta clase de emisiones suelen encontrarse registradas en la atmósfera, las cuales no están influenciadas por ninguna fuente contaminante (Gallego, 2013).

Según la forma en la que se emiten a la atmósfera:

Contaminantes primarios: Se emiten de manera directa a la atmósfera, que son provenientes de distinta naturaleza química como el dióxido de azufre SO_2 , y se originan de diferentes fuentes de emisión.

Contaminantes secundarios: A diferencia de los primarios, es el resultado de diversas transformaciones químicas luego de haber sido emitidas por medio de reacciones con otro tipo de sustancias gaseosas ya sea a través del agua de la atmósfera o debido a la irradiación, tal como se indica en la tabla N°1:

Tabla 2-1: Clasificación de los contaminantes atmosféricos gaseosos

TIPO	CONTAMINANTES PRIMARIOS	CONTAMINANTES SECUNDARIOS
Compuestos de azufre	SO ₂ , H ₂ S	SO ₃ , H ₂ SO ₄
Compuestos de nitrógeno	NO ₃ , NH ₃	NO ₂ , NO ₃ , O ₃
Compuestos de carbono	Compuestos C1-C7	Aldehídos, cetonas, ácidos
Óxidos de carbono	CO, CO ₂	Ninguno
Compuestos halógenos	HF, HCl	Ninguno

Fuente: Consejería de Medio Ambiente 2013, p. 1

Realizado por: León V.; Tasna, M., 2023

2.2.4 Principales contaminantes atmosféricos

Compuestos nitrogenados (NO_x, NO₂ y NH₃)

Se distribuyen en compuestos oxidados y compuestos reducidos como el amoníaco. Dentro del grupo de los gases de óxidos de nitrógeno los más importantes son (NO₂) y los (NO_x), las cuales conforman al monóxido de nitrógeno (NO) y al dióxido de nitrógeno (NO₂).

- **N₂O:** Emitido a causa de fuentes naturales, como es la actividad de microorganismo en la tierra, la misma que va en aumento por el empleo de fertilizantes nitrogenados en la agricultura, este sector aporta a la presencia de NO₂.
- **NO₂:** Es considerado como un gas primario ya son emitidos de directamente por la fuente, es un gas irritante y corrosivo de olor fuerte y parduzco
- **NO_x:** Se generan a causa de actividades naturales (emisiones volcánicas, erosión del suelo y del mar, sea por la actividad de los microorganismos) y antropogénicas.
- **NH₃:** Son provenientes de fuentes antropogénicas especialmente de actividades como la agricultura y la ganadería.

Dióxido de azufre (SO₂)

Es un gas irritante y de olor desagradable, diciendo sus fuentes principales las erupciones volcánicas y del mar, este tipo de partículas emitidas por el océano hacia la atmósfera poseen sulfatos (SO₄)⁻² y por otro lado las actividades antropogénicas que emiten este tipo de compuestos son las generadoras de electricidad, la producción de calefacción doméstica y al tránsito vehicular (Gallego, 2013).

Monóxido de carbono (CO)

Es un contaminante atmosférico de carácter asfixiante, que es incoloro e inodoro la cual posee afinidad por la hemoglobina (Hb), que es encargado de conducir oxígeno hacia la sangre mediante los glóbulos rojos. Cuando se combinan el CO a la Hb reduce la capacidad de conducir oxígeno, lo que puede provocar asfixia (Gallego, 2013).

El metano (CH₄)

Es uno de los contaminantes primordiales en la química atmosférica a nivel mundial, por lo que presenta implicaciones en el efecto invernadero, y por otro lado es un pionero del ozono troposférico. El CH₄ provienen de origen biológico, como es la descomposición de la materia orgánica en ausencia de oxígeno mediante cierto tipo de bacterias, además las actividades antropogénicas ayudan a las emisiones naturales (Gallego, 2013).

Compuestos orgánicos volátiles (COV)

Son aquellos compuestos orgánicos que pueden encontrarse en estado gaseoso a temperatura ambiente y son altamente volátiles a cierta temperatura. Los COV son de origen natural que provienen de las actividades antropogénicas, en las que prevalece el uso de los derivados de combustibles fósiles y de ciertas actividades industriales.

De todas las sustancias que conforman los compuestos orgánicos volátiles forman un conjunto de sustancias aromáticas BTEX, dentro de estas está el tolueno, el benceno, el etilbenceno y el xileno (Gallego, 2013).

Compuestos orgánicos persistentes (COP)

Son sustancias orgánicas persistentes, provenientes de actividades antropogénicas que presentan ciertas características tales como: persistencia, toxicidad y facultad de bioacumulación. Son persistentes ya que presentan una alta resistencia a la degradación, por lo que se encuentran presentes en toda la Tierra, abarcando también a los polos. Son tóxicos para el ser vivo, que llegan a presentar altas consecuencias en la salud del ser humano y en el ecosistema. Además, son resistentes a la metabolización por su semejanza hacia los lípidos resultando que los COP sostengan la capacidad de bioacumularse en la cadena alimentaria (Gallego, 2013).

El ozono troposférico (O₃)

Es un contaminante secundario proveniente de reacciones químicas por medio de otros contaminantes atmosféricos denominados precursores, su control es difícil a diferencia de contaminantes emitidos directamente que pueden ser impedidos en la fuente. Inmediatamente formado el O₃ se puede transferir y producir impactos negativos tanto en el medio ambiente como en la salud humana (Gallego, 2013).

Material particulado (PM)

El PM engloba sustancias en estado líquido y sólido provenientes de diversas fuentes, que se encuentran en suspensión en la atmósfera, en el caso de las partículas más grandes, son almacenados progresivamente en el suelo. A continuación, se destacan clasificación del material particulado Tabla 2-2:

Tabla 2-2: Clasificación de material particulado

PARTÍCULAS	DESCRIPCIÓN
Polvos	Partículas con diámetro de 1-100 micras, que son almacenados por gravedad con una velocidad de sedimentación en el aire de 45 cm/s aproximadamente, ocasionado por medio de una desintegración mecánica.
Nieblas	Por medio de la condensación de vapor o atomización se genera la suspensión de gotas líquidas pequeñas, que poseen un diámetro mayor a 10 micrones.
Humos	Tienen un diámetro inferior a 1 micra que dificulta la sedimentación, y faculta la formación de materia en suspensión a causa de la combustión.
Aerosoles	Es la combinación de partículas líquidas y sólidas suspendidas en el gas.
PM ₁₀	Poseen un diámetro de 10 micrómetros, que está conformado por nitratos, producidos por procedimientos mecánicos ya sea de evaporación mineral provenientes de procesos industriales o del tráfico vehicular, que se mantiene en el aire por minutos u horas.
PM _{2,5}	Partículas con diámetro de 2,5 micrómetros que proviene de una composición tóxica, que son generados por actividades industriales de pulverización o molienda, las mismas que permanecen suspendidas durante semanas o días

Fuente: Ministerio del Ambiente, 2010

Realizado por: León V.; Tasna, M., 2022

2.2.5 Fuentes emisiones de los contaminantes atmosféricos

De acuerdo a las características y fuentes de emisión de los contaminantes atmosféricos del aire se tiene la siguiente clasificación:

Fuentes fijas

La emisión por fuente fija es aquel en donde se conoce e identifica el punto fijo en el cual se desprende el contaminante hacia la atmósfera. Es decir, son las fuentes identificables o que se encuentran de manera estacionaria como las industrias, actividades industriales y la combustión de los combustibles (Pareja et al., 2012).

Fuentes móviles

Las fuentes móviles son todos los procesos asociados a medios de transporte motorizados como los vehículos particulares que circulan en las vías, esta fuente se produce por la quema del combustible que emplea el parque automotor, estas emiten un gran porcentaje de las emisiones totales en el aire (CHUQUIMIA, 2010).

Fuentes fugitivas

Estas fuentes son emitidas por actividades como la construcción, la pavimentación y no pavimentación de vías, demolición de áreas, además en esta fuente se encuentra la generación de polvos y material particulado que están regidas por los parámetros meteorológicos. Esta no corresponde a las entregadas por chimeneas, conductos o sistemas similares los cuales conducen los gases al exterior (Ministerio de Ambiente de Chile 2011, p. 60).

2.2.6 Dióxido de azufre (SO_2)

El dióxido de azufre corresponde a un gas contaminante del aire entre sus características es incoloro y además de manifiesta con un olor fuerte (K. Jain et al., 2016).

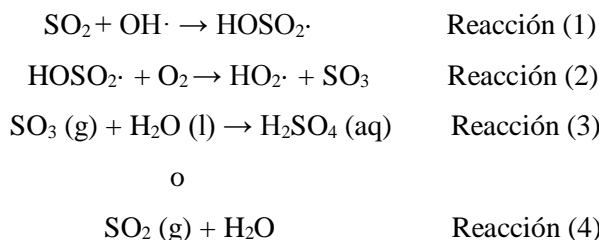
Fuentes del dióxido de azufre

Según, (Torres, 2022) el azufre es uno de los componentes naturales que se puede encontrar en petróleo, carbón o en los minerales comunes como es el aluminio, cobre, zinc, plomo o hierro, su origen es antropogénico que se compone a base de combustión fósil.

Las principales fuentes antropogénicas del dióxido de nitrógeno están en la quema de carbones con alto contenido de azufre, y también el fuelóleo en las centrales eléctricas, las caldererías industriales y la fundición de metales (K. Jain et al., 2016).

El dióxido de azufre tiene la capacidad de reaccionar con vapor de agua y demás elementos atmosféricos, lo cual lleva a formar el ácido sulfúrico, de carácter corrosivo presente como lluvia ácida, además actúa como uno de los indicadores de sulfato, amónico la misma que aumenta los niveles de partículas secundarias (Palate, 2017).

Si el dióxido de azufre se libera a la atmósfera, puede reaccionar para formar lluvia ácida de acuerdo con las siguientes reacciones:



Efectos negativos del Dióxido de azufre

Es uno de los contaminantes atmosféricos que llega afectar tanto a los seres humanos como también al medio ambiente, en la salud humana puede estar involucrado en una variedad de problemas respiratorios que llega afectar a los más vulnerables como a los ancianos, niños o personas enfermedades como asmático (K. Jain et al., 2016).

En el medio ambiente puede perjudicar a través de la lluvia ácida, que tiene un impacto negativo en las estructuras, aguas superficiales, plantas. El dióxido de azufre al contacto con otros óxidos de azufre reacciona creando partículas y el ozono troposférico como consecuencia el riesgo afecciones es más probable sobre la salud, y diversos efectos como se observa en la Tabla 2-3:

Tabla 2-3: Efectos del Dióxido de azufre

CONTAMINANTE	IMPACTO	EFFECTOS
Lluvia ácida	Ambiental	Acidificación de lagos y corrientes, liberación de aluminio de los suelos, reducción del crecimiento de los peces o muerte, reducción del crecimiento de las plantas, daña las hojas, se disuelve y elimina nutrientes y minerales.
Materiales		Daños a piedra, hormigón, pintura, edificios
Dióxido de azufre	Visibilidad	Neblina, visibilidad reducida
Plantas		Reducción del crecimiento de las plantas, daño a las hojas, muerte prematura
Salud Humana		Irritación de la piel, ojos, pulmones, garganta y nariz, broncoconstricción, tos, dificultad para respirar, aumento de los síntomas de asma, inflamación del sistema respiratorio, olor desagradable.

Fuente: K. Jain et al. 2016, p. 53

Realizado por: León V.; Tasna, M., 2022

2.2.7 Dióxido de nitrógeno (NO_2)

Es el compuesto formado cuando el óxido nítrico se oxida en el aire dando el dióxido de nitrógeno, el NO_2 muestra diferentes estados como el estado líquido el cual es incoloro a marrón, es un fuerte oxidante, corrosivo y tiene poca solubilidad en el agua, pero es soluble en ácidos sulfúrico y nítrico (Jarvis et al., 2010).

Dióxido de nitrógeno es estado gaseoso es de color pardo rojizo, que es altamente tóxico, es volátil, y más pesado que el aire, la misma que forma por la oxidación del nitrógeno atmosférico, por lo general se utiliza en procesos de combustión ya sea de vehículos y/o de fábricas (Ministerio del Ambiente, 2011).

El dióxido de nitrógeno es uno de los gases que está presente en el smog fotoquímico. Puede darse con condiciones simultáneas como las siguientes:

- El flujo vehicular (tráfico) el cual emita suficiente fuente de monóxido de nitrógeno (NO), compuestos orgánicos volátiles (COVs) e hidrocarburos.
- El clima como tiempos cálidos y despejados facilita la formación del smog fotoquímico.
- Cuando la velocidad del viento es menor o bajo, por lo cual no hay mayor dispersión para los contaminantes y quedan localizados en un solo lugar (Ibarlucía, 2017).

El NO se forma mientras se dé el proceso de a la combustión con altas temperaturas en presencia de oxígeno (reacción 5)



El NO luego tiene un proceso de oxidación con el aire convirtiéndose a NO_2 , esto ocurre con tiempos cortos que puede ser desde minutos a horas según la siguiente reacción (Ibarlucía, 2017):



Fuentes de Dióxido de nitrógeno

Los óxidos de nitrógeno están formados por diversas combinaciones de oxígeno y nitrógeno dadas a altas temperaturas durante el proceso de combustión. En fuentes naturales están en los procesos biológicos de los suelos, en la oxidación del monóxido de nitrógeno y en las tormentas.

Según (Jarvis et al., 2010), el tránsito vehicular es una de las fuentes más importantes para la formación del dióxido de nitrógeno, y en fuentes interiores se encuentra el humo del tabaco y los aparatos que queman gas madera, aceite, queroseno y carbón, como estufas, hornos, calentadores de agua en espacio y chimeneas.

Efectos negativos del Dióxido de nitrógeno

En la salud se ha visto efectos negativos ante la exposición del dióxido de nitrógeno al aire libre uno de los sistemas afectados es el respiratorio, además está asociado a diversos trastornos como ejemplos otitis media, eczema en el oído/ infecciones de nariz/garganta, sensibilización a alérgenos alimentarios en niños y largos periodos de concentraciones resulta una mayor coagulabilidad de la sangre (K. Jain et al., 2016).

De acuerdo a la (ATSDR, 2002) en la naturaleza al reaccionar el dióxido de nitrógeno con sustancias químicas conlleva a la formación del ácido nítrico, que es uno de los principales componentes para la lluvia ácida, la reacción con la luz solar provoca la generación de ozono y smog en el aire, otros efectos son la corrosión de los metales y rocas, y llegar acidificar y eutrofizar los suelos y aguas.

2.2.8 Técnicas de muestreo

Existen diferentes técnicas de muestreo para los contaminantes atmosféricos del aire, destinadas al uso de metodologías y técnicas que nos permitan muestrear, estudiar y procesar la concentración en un periodo determinado de estudio, las mismas que se asocian según sus principios de medición en:

Muestreo pasivo

Son muy utilizados para la evaluación de la calidad de aire debido a bajo costo de adquisición y por su simplicidad de manejo. Este indicador de la contaminación atmosférica se utiliza en evaluaciones a largo plazo, de tal manera ayuda a determinar riesgo, que deberán ser monitoreadas mediante equipos más automatizados para determinar el cumplimiento de la legislación ambiental (Naranjo & Jimenez, 2019).

En esta técnica las moléculas del aire a ser analizadas son captadas a través de su absorción en un reactivo captador o solución captadora, colocados en el interior de los muestreadores con forma de tubos o discos, estas son esenciales para saber las concentraciones promedio en un periodo

establecido de tiempo, posteriormente en el laboratorio se realiza el análisis cuantitativo de la desorción del contaminante (Villafuerte, 2017).

Muestreo activo

Se requiere de equipos que adquiere energía eléctrica para succionar la muestra de aire mediante un colector físico o químico, el volumen adicional de aire permite obtener mediciones diarias promedio, por el aumento de la sensibilidad.

La clasificación principal de los muestres activos son:

- **Captadores de gases y partículas:** Son empleados tanto para partículas en suspensión como en los gases, por lo general es un captador de un volumen pequeño.
- **Captadores de partículas:** Se utiliza en la resolución gravimétrica de partículas en suspensión, mientras que este tipo de captadores son volumen alto.
- **Captadores de compuestos orgánicos volátiles (COV):** Por lo general se trata de captadores en trampas, en donde se requiere la absorción de carbón para captar compuestos orgánicos gaseosos.

Método con Bioindicadores

Conlleva al uso de especies vegetales que actúan como receptores de contaminantes atmosféricos, en la cual se aprovecha su capacidad de acumular contaminantes en los tejidos de la planta y determinar sus posibles efectos en su metabolismo y la apariencia de la planta que sirven como indicadores de la calidad del aire (INE, 2011).

Método automático

Este procedimiento proporciona una alta medición, de tal manera que nos facilita realizar mediciones continuas, automática, y en tiempo real las concentraciones de los contaminantes criterios y hasta toxico. Para su medición se utilizan métodos como la espectroscopia y cromatografía de gases (INE, 2011).

Método de óptico de percepción remota

El método óptico se basa principalmente en técnicas espectroscópicas, a una cierta longitud de onda transmite un haz que permite medir la energía absorbida, de tal manera que nos facilita medir la concentración de contaminantes atmosféricos en tiempo real de alta resolución, que facilita obtener mediciones integradas de multicomponentes y para realizar mediciones verticales en la atmosfera a lo largo de la trayectoria, los equipos que se utilizan en este método son los sensores remotos (INE, 2011).

2.2.9 Análisis de muestras

El análisis de muestras nos permite determinar las concentraciones y cualidades de cada uno de ellos, para lo cual los muestreadores utilizan los siguientes métodos:

Métodos volumétricos

La muestra de contaminante hallado se extrae a partir del volumen de solución que se haya consumido en la reacción, a través de la técnica de titulación se cuantifican muestras en solución por medio de su valoración (INE, 2011).

Método gravimétrico

Se trata de métodos analíticos cuantitativos, que para la determinación de sustancias se realiza mediante la diferencia de pesos, en el que se determina la masa pesando el filtro, antes y después del muestreo, las mismas que deben estar bajo condiciones controladas de humedad y temperatura. Además, existen métodos gravimétricos que nos permite determinar la concentración de una muestra en solución, por la adición en exceso del reactivo, en donde se aprovecha el efecto ion (INE, 2011).

Métodos fotométricos

Son métodos colorimétricos que se basan en determinar la concentración del contaminante, a medida en la que se tramite la intensidad de la luz comparando con la curva de patrón de las intensidades de luz de igual longitud de onda (INE, 2011).

Espectrofotometría

Se realiza la medición de la cantidad de energía radiante absorbida por las moléculas mediante longitudes de onda específica, ya que cada compuesto tiene el patrón de absorción diferente. Esta medida se realiza por medio de graficas de absorción y la longitud de onda, que comprende desde la ultravioleta a la infrarroja (INE, 2011).

2.2.10 Software para la dispersión de los SO₂, NO₂

Sistema de Información Geográfica ArcGIS 10.5

El ArcGIS 10.5 se constituye como una herramienta en donde se puede revisar y la visualizar el manejo de información geográfica, esta tiene una funcionalidad extensible en donde se puede añadir nuevas funcionalidades (Pucha-Cofrep et al., 2018).

2.3 Base legal

Según (World Health Organization, 2021), se muestra los límites permisibles para distintos gases como en el caso del dióxido de azufre (SO₂) de azufre, presenta un valor de 20 µg/m³ esto con tiempos de 24 horas y en concentraciones de 500 µg/m³ si el tiempo en promedio es 10 minutos.

Para el dióxido de nitrógeno (NO₂) según la OMS el valor límite para el contaminante es de 40 µg/m³ como media anual y de 200 µg/m³ para un tiempo de una hora en promedio

La normativa ambiental ecuatoriana establece los niveles máximos permisibles en la atmósfera para diferentes tipos de contaminantes por un periodo determinado, los materiales a estudiar en esta investigación son: SO₂, NO₂; la normativa establecida vigente en Ecuador es la Normativa de Calidad de Aire Ambiente.

El Acuerdo Ministerial 097 Libro VI Anexo 4 Calidad del aire que norma la calidad del Aire ambiente o Nivel de Inmisión, la misma que tiene por objetivo la preservación de la salud de las personas, la calidad del aire ambiente, el bienestar de los ecosistemas y del ambiente en general. La misma establece que la concentración del dióxido de sulfuro (SO₂) en 24 horas no deberá exceder a 125 µg/m³, la concentración de este contaminante para un periodo de diez minutos, no debe ser mayor a 500 µg/m³, y en un periodo de un año que no debe superar el promedio aritmético de 60 µg/m³.

El promedio aritmético de la concentración de Dióxido de nitrógeno (NO₂), determinado en todas las muestras en un año, no deberá exceder de 40 ug/m³. La concentración máxima en (1) una hora no deberá exceder 200 ug/m³.

CAPÍTULO III

3. MARCO METODOLÓGICO

3.1 Tipo de investigación

Enfoque

La investigación es de enfoque cuantitativo en la que recopila y genera datos numéricos estadísticos entre determinados grupos o explicar un fenómeno de estudio (Hernández S. & Fernández C., 2014). Para este presente estudio se tiene el propósito de medir con exactitud las concentraciones de NO₂ y SO₂ mediante la utilización de los muestreadores pasivos con el fin de generar datos de la población en estudio.

Alcance

El presente tema de investigación es de tipo Descriptivo-Longitudinal. Descriptivo ya que se observa y describe la incidencia de niveles de una o más fenómenos en la población sin incluir en las variables de estudio. Longitudinal en la cual se realizó las mediciones de datos repetitivos del fenómeno en estudio en diferentes puntos establecidos en el tiempo con el propósito de realizar la evaluación de los cambios. En este estudio se realizó la medición de las concentraciones de SO₂ y NO₂ que se produce durante el transcurso de los 8 días, para posterior realizar los respectivos análisis en el laboratorio.

3.2 Diseño de la investigación

El presente estudio es de tipo no experimental es decir se realiza sin manipular deliberadamente variables, en donde el investigador no manipula las variables de investigación, ya que solo observa tal y cual están los fenómenos en el ambiente natural, en la que se realiza el análisis de investigación (Hernández S. & Fernández C., 2014). En este estudio se recolectó los datos en el cual se logra observar la influencia directa del SO₂ y NO₂, proveniente del flujo vehicular e dichas zonas y la concentración de este tipo de contaminantes fue analizado mediante muestreadores pasivos respectivamente las cuales son analizadas mediante ArcGis.

3.3 Localización de estudio

El estudio se realizó en la provincia de Tungurahua en la ciudad de Ambato, se localiza en la región Interandina del Ecuador, con una altitud sobre el nivel del mar: 2580 m, con un clima promedio de 15.7°C. La zona de estudio analizado son las parroquias La Matriz y Huachi Grande, principales lugares de ingreso y salida de vehículos de la ciudad.

3.4 Población de estudio

La población de estudio son los pobladores de las parroquias La Matriz y Huachi Grande de la ciudad de Ambato, quienes son afectados directamente por la presencia de SO₂ y NO₂ en el ambiente de los respectivos sectores.

Estas dos parroquias establecidas como zonas de estudio es el sitio donde existe gran influencia de vehículos tanto de ingreso como salida a la ciudad, que en sus alrededores se llevan a cabo diversas actividades residenciales, escolares, manufactureras y otros, por lo tanto, es una zona estratégica de estudio para establecer la presencia tanto de SO₂, NO₂ que viene a afectar a la salud de la población y la infraestructura de la zona.

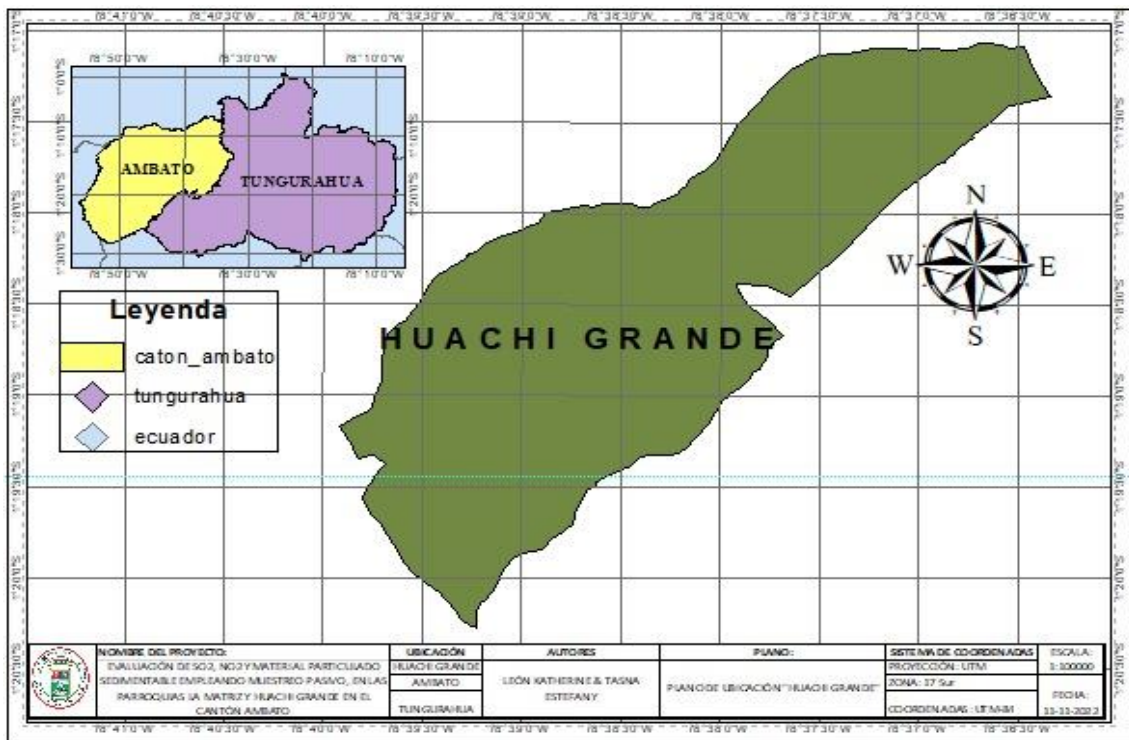


Ilustración 3-1: Localización de la zona de estudio para el análisis (Huachi Grande)

Realizado por: León V.; Tasna, M., 2022

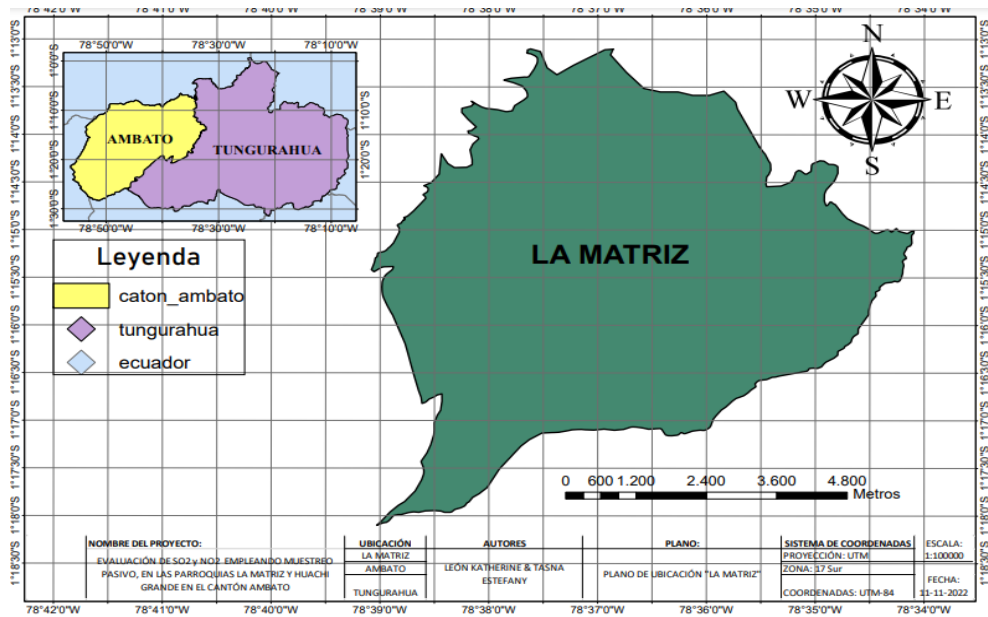


Ilustración 3-2: Localización de la zona de estudio para el análisis (La Matriz)

Realizado por: León V.; Tasna, M., 2022

3.5 Selección de muestra

Una vez determinada la zona de estudio se realiza la selección de los puntos de muestreo de manera aleatoria simple, donde se colocaron los determinados muestreadores pasivos para el análisis de SO₂ y NO₂, tratando siempre de tomar puntos más cercanos a las fuentes de emisión de contaminantes atmosféricos, ya sea por la influencia vehicular, y que la infraestructura esté libre de obstáculos que dificulten la instalación de los muestreadores. Además, se tomó en consideración las diferentes actividades cotidianas que se realizan en cada zona como es el comercio y así realizar el análisis de laboratorio de las concentraciones de cada uno de los contaminantes.

Para su georreferenciación se empleó Google Earth que nos permite obtener las coordenadas de cada uno de los puntos de estudio localizados aproximadamente a 500 m de separación entre cada punto de muestreo.

3.6 Técnicas de recolección de datos

3.6.1 Selección de números de puntos

Para la selección de cada punto de muestreo se verificó y se tomó en cuenta aspectos como fue la afluencia vehicular por cada punto, las cercanías a las fuentes de emisión de cada contaminante

atmosférico, la distribución poblacional y la infraestructura para la colocación de los tubos muestreadores en los dos sectores monitoreados.

Una vez analizada el área de estudio se estableció 20 puntos de muestreo para SO₂ y NO₂ tanto en la Parroquia La Matriz y Huachi Grande, con un total de 40 puntos de muestreos.

3.6.2 Determinación del tiempo de muestreo

El tiempo de muestreo para este trabajo de investigación se realiza durante dos meses, debido al tiempo establecido para presentación del trabajo de integración curricular, por lo tanto, en este tiempo se puede evidenciar las concentraciones de los contaminantes atmosféricos.

Es así que el tiempo de estudio para la determinación de la concentración de contaminantes atmosféricos es desde octubre del 2022 hasta diciembre del 2022.

3.6.3 Determinación de la frecuencia de muestreo

La frecuencia de medición de los contaminantes tanto de SO₂ y NO₂ se realiza en un lapso de 8 días, por lo tanto, el muestreo y cambio de los tubos de pasivos se realiza cada 8 días.

3.6.4 Parámetros ambientales a tomar en cuenta

Para realizar el estudio de SO₂ y NO₂ y material particulado sedimentable es importante contar con los siguientes parámetros ambientales tales como: la presión, la temperatura, los mismos que fueron otorgados por el Honorable Gobierno Provincial de Tungurahua del área de recursos hídricos, de la estación metrológica del Aeropuerto del cantón Ambato.

3.7 Método de muestreo

3.7.1 Elaboración de muestreadores pasivos

3.7.1.1 Muestreadores para Dióxido de Nitrógeno (NO₂)

Materiales y Reactivos

- Pipeta de 10 mL

- 2 Vaso de precipitación 500 mL
- Frasco ámbar de 1 L
- Cooler
- Hielo
- Guantes, mandil y mascarilla
- Trietanolamina. (TEA)
- N-butanol.
- Agua destilada.
- Tubos de ensayo con tapa

Preparación del tubo de muestreo para NO₂

Se realizó la solución absorbente que posteriormente se lo añadió en cada uno de los tubos. Primeramente, se pipeteo 7,5 ml de trietanolamina y se aforo a 250 mL de agua destilada, luego se pipeteo 1.5mL de N-butanol y se agito las soluciones. Seguidamente se vertió las dos soluciones en una botella ámbar de 1L y se realizó una mezcla homogénea. Se preservó el reactivo preparado bajo refrigeración, por último, se colocó 3,5 mL del reactivo preparado en los tubos, que fueron colocados en cada uno de los puntos de muestreo (Bermeo & Vega, 2018).

Preparación de la solución patrón

Para la preparación de la solución patrón se diluye 1,323 g de nitrito de sodio en un balón de 1000 mL de agua destilada. La solución contiene “1000 mg de NO₂ en 100 mL dada la equivalencia a 1 mg de NO₂/mL (Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación 2001, citado por Villafuerte, 2017, pag.32)

Preparación de la solución Stock de nitrito

Previamente preparado la solución patrón se disuelve 10 mL de la solución en 250 mL de agua destilada, la solución presenta con una concentración de 40 µg de nitrito/mL, se recomienda además el mantener la solución refrigerada y en recipiente oscuro (botella ámbar) (Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación 2001, citado por Villafuerte, 2017, pag.32).

3.7.1.2 Muestreadores para Dióxido de Azufre (SO₂)

Materiales y Reactivos

- Pipeta de 10 mL
- 2 vasos de precipitación 500 mL
- Frasco ámbar
- Guantes, mandil y mascarilla
- Trietanolamina. (TEA)
- N-butanol.
- Agua destilada.
- Tubos de ensayo con tapa

Preparación del tubo de muestreo para SO₂

De igual manera se preparó la solución captadora para luego colocar en los tubos, con una solución de trietanolamina, por lo que esta absorbe los dióxidos de azufre en forma de sulfatos. Para lo cual se procedió a pipetear 7,5 mL de trietanolamina y se diluyó a 250 mL de agua destilada, luego se pipeteó 1.5mL de N-butanol y se agitó las soluciones. Seguidamente se vertió las dos soluciones en una botella ámbar de 1L y se realizó una mezcla homogénea. Se preservó el reactivo preparado bajo refrigeración, por último, se colocó 3,5 mL del reactivo preparado en los tubos plásticos, colocados en cada uno de los puntos de muestreo (Bermeo & Vega, 2018).

3.7.1.3 Colocación de muestreadores en los puntos de monitoreo

Para la colocación de las muestras se consideró una altura 2,5 metros sobre el nivel del suelo, para una buena interacción de las soluciones captadoras tanto de SO₂ como NO₂ con el aire. La colocación de las mismas se llevó semanalmente, es decir se llevó a cabo cada domingo a partir del 24 de octubre del 2022 hasta el 19 de diciembre del 2022, cada 8 días, con un periodo de dos meses de monitoreo aproximadamente.

3.7.1.4 Transporte y conservación de los captadores pasivos de SO₂ y NO₂

En cada uno de los puntos de muestreo se colocó los tubos de muestreo pasivo, retirando las tapas y colocando los nuevos muestreadores, por otro lado, al retirar los tubos ya muestreados por 8

días se lo tapo y se lo mantuvo en el cooler con hielo para conservar las muestras hasta el momento de realizar el análisis en el laboratorio. Se colocó 1 tubo por cada contaminante.

En cada uno de los tubos muestreadores se etiquetó señalando características tales como el contaminante a monitorear (SO_2 y NO_2) y el punto en la que fueron colocados de acuerdo a la zona perteneciente tanto a las parroquias La Matriz (PM1, PM2, PM3, PM4...PM15) y Huachi Grande (PH1, PH2, PH3, PH4...PH15).

Para el método de muestreo se consideró las zonas con factores significativos con la presencia de contaminantes como son las paradas de buses, parqueaderos, sitios con mayor ocurrencia vehicular específicamente, tratando de que abarcara toda el área de muestreo en estudio.

Los tubos muestreadores, una vez recolectados fueron conservados en refrigeración y tapados hasta el momento de su análisis.

3.8 Análisis de muestreadores pasivos

3.8.1 Análisis de muestreadores de Dióxido de Nitrógeno (NO_2)

Para el dióxido de nitrógeno NO_2 una vez culminado el periodo de tiempo del muestreo de los tubos pasivos, se llevó al laboratorio para ser analizados y obtener los resultados de ambos lugares de estudio.

Materiales

- Balanza digital
- 2 pipetas de 1 mL
- 2 probetas de 50 mL
- 2 Vasos de precipitación 50 mL
- Tubos muestreadores (recogidos de los puntos muestreados)
- Guantes, mandil, mascarilla
- Espectrofotómetro UV-Visible

Reactivos

- Naftilamina

- Agua destilada
- Ácido acético
- Ácido sulfamílico

Pruebas Colorimétricas

Se inició, realizando una prueba de color mediante el cual representaría la existencia de NO_2 en cada una de las muestras recogidas, para ello se prepararon dos reactivos denominados:

- Solución A.- En este se diluyó 0,25 g de Naftilamina en 50 mL de ácido acético.
- Solución B.- En este se diluyó 0,40 g de ácido sulfamílico en 50 mL de ácido acético.

Posteriormente, una vez realizado las dos soluciones se añadió 1 mL de cada solución a los tubos muestreadores, se observa el cambio de coloración a rosado esto con variaciones de tonos del claro al oscuro (Periago, 2008).

3.8.2 Método de obtención para las concentraciones del NO_2

Se empleó una curva de calibración con el fin de relacionar las absorbancias de este presente trabajo con la concentración de nitrito en el tubo. Los datos adquiridos son los que se presenta en la Tabla 3-1.

Obtención de la Curva de calibración de NO_2

Preparación de la solución madre

Se incorpora 0,1 mL de la solución stock de nitrito, se agregó 7 mL de solución captadora para el NO_2 , un 1 mL de peróxido de hidrógeno, 10 mL de la solución A y 1 mL de solución B de las preparaciones colorimétricas realizadas previamente en las pruebas colorimétricas, después se lo aforo en un balón de 25 mL (Manrique y Ossa, citado por Villafuerte, 2017, p. 38).

Preparación del análisis espectrofotométrico de las diluciones de la solución madre

Se colocó volúmenes de 0.5, 1, 2, 3, 4, 5, 7 mL de la solución madre preparada en balones de aforo de 25 mL y posteriormente se colocó agua destilada hasta el aforo a cada uno respectivamente.

Tabla 3-1: La relación de la absorbancia y la concentración de nitritos en el tubo

Dilución estándar	Diluciones (mL)	Volumen de aforos (mL)	Concentración de nitrito en el tubo (ug/mL)	Absorbancia a 540 nm
1 ppm	0	0	0	0
	0,5	25	0,02	0,040
	1	25	0,04	0,051
	2	25	0,08	0,098
	3	25	0,12	0,162
	4	25	0,16	0,198
	5	25	0,20	0,263
	7	25	0,32	0,414

Realizado por: León V.; Tasna, M., 2022

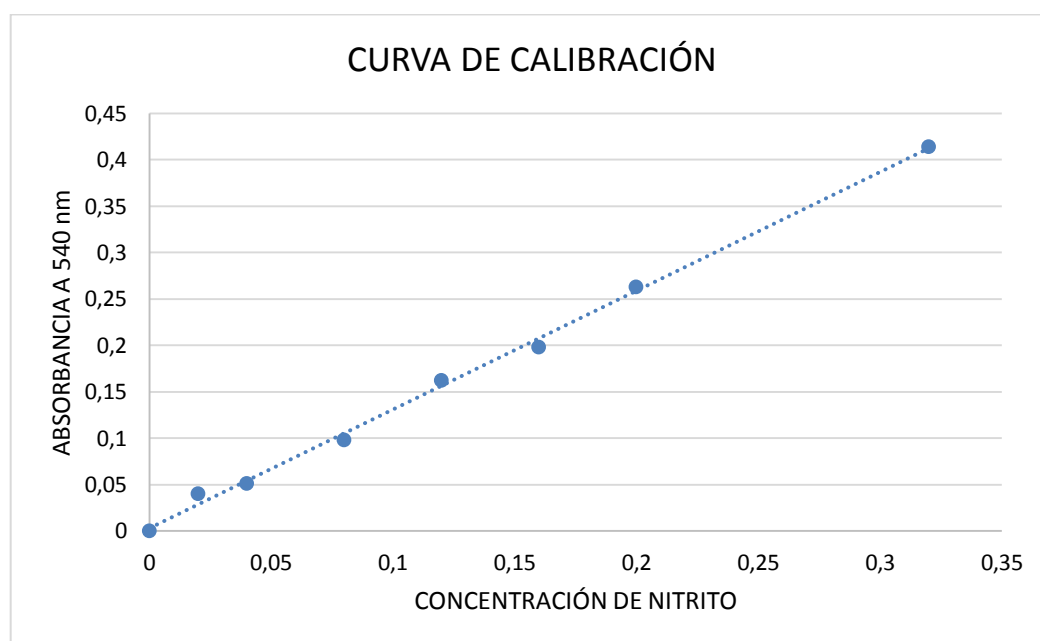


Ilustración 3-3: Curva de calibración para la concentración de nitritos

Realizado por: León V.; Tasna, M., 2022

Para medir la concentración de nitrito en los tubos se realizó una regla de tres la cual relaciona la curva de calibración con la absorbancia del contenido de cada muestra analizada (Borge et al., 2015).

$$C2 \left(\frac{\mu g}{ml} \right) = \frac{c1 * Abs2}{Abs1}$$

Donde:

Abs1 = Absorbancia en la curva de calibración

Abs2 = Absorbancia de la muestra

C1 = Concentración correspondiente a la absorbancia 1 en la curva de calibración

C2 = Concentración de nitrito en el tubo A

Para el cálculo de la masa de los nitritos en cada tubo se empleó con la siguiente fórmula (Borge et al., 2015):

$$m(\text{ug})=C2*V$$

Donde:

m = masa de nitritos en el tubo (ug)

C2 = concentración obtenida mediante la regla de tres (ug/mL)

V = volumen de los reactivos de color añadido (mL)

La concentración del NO₂ en el ambiente se calculó por la siguiente formula (Borge et al., 2015):

$$C = \frac{m * L}{D_{12} * A * t}$$

Donde:

C= concentración de NO₂ en el ambiente (ug/m³)

m = masa de nitritos, ug

L = longitud del tubo, m

D₁₂ = coeficiente de difusión entre NO₂ -Aire, m²/s

A= área transversal del tubo, m²

t = periodo de muestreo, s

3.9 Análisis de muestreadores de Dióxido de Azufre (SO₂)

Pasado el tiempo de muestreo para los tubos, estos han sido recogidos y posteriormente analizados en el laboratorio para obtener los resultados del SO₂.

Materiales

- Balanza digital
- 2 pipetas de 10 mL
- Balón de aforo de 50 mL
- Vasos de precipitación 50 mL
- Tubos muestreadores (recogidos de los puntos muestreados)
- Guantes, mandil, mascarilla
- Espectrofotómetro UV-Visible

Reactivos

- Cloruro de Bario
- Ácido Clorhídrico
- Agua destilada

Análisis de muestreadores preparación de la solución para el SO₂

Se inició la reacción de la muestra para los tubos muestreadores, con la aplicación de una solución de cloruro de bario, mediante esta reacción permite la formación de Sulfato de Bario (CIFUENTES, 2014). El proceso siguió con la realización de la solución sobresaturada de cloruro de bario para lo cual se aforo 12 g de cloruro de bario en 50 mL de agua destilada, y posteriormente se añadió 1 mL de la solución preparada a cada uno de los tubos, se adicione 0,5 mL de la preparación del ácido clorhídrico con el fin de eliminar interferencias, la solución reposo durante 5 minutos.

Obtención de la concentración de SO₂ (ug/m³)

Se determinó la concentración de SO₂ obtenidos en los tubos muestreadores, mediante la comparación de las lecturas de absorbancias con una curva de calibración, presentado a continuación:

Tabla 3-2: La relación de la absorbancia y la concentración de sulfatos en el tubo

Concentración teórica de sulfatos (mg/L)	Promedios de las Absorbancias
0,50	0,013
1,25	0,023
2,5	0,048
5	0,106

Fuente: Cifuentes, 2014

Realizado por: León V.; Tasna, M., 2022

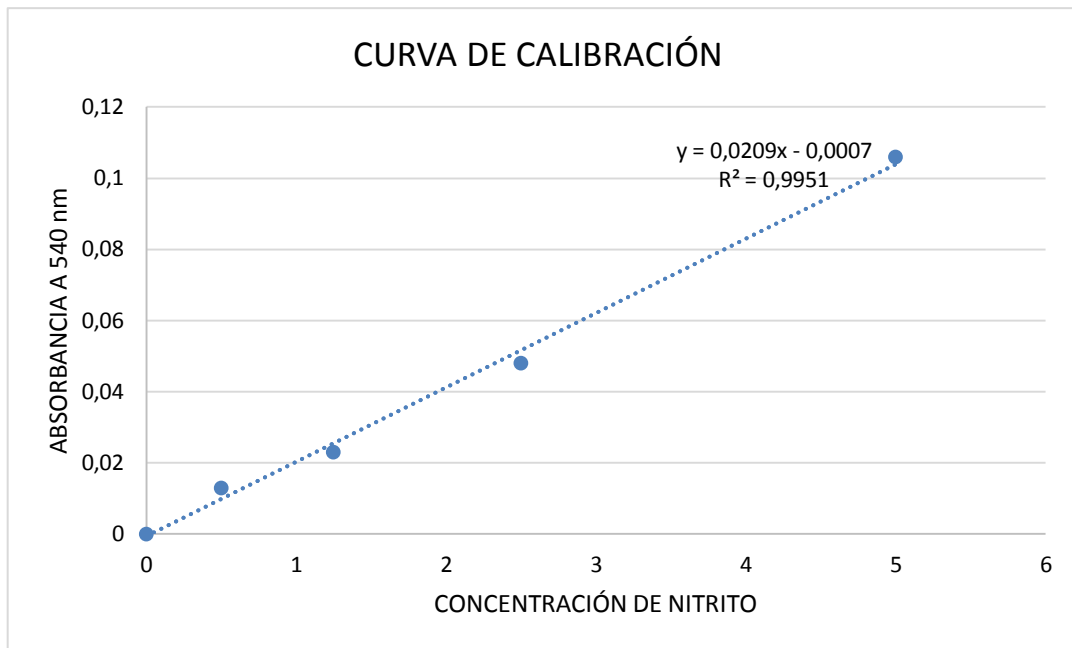


Ilustración 3-4: Curva de calibración utilizada para SO₂

Fuente: CIFUENTES, 2014

Se usó los valores de la curva de calibración para la realización de los cálculos de determinación de la presencia de sulfatos en los tubos muestreadores:

$$C2 \text{ (ug/mL)} = \frac{C1 * Abs2}{Abs 1}$$

Donde:

Abs1 = Absorbancia en la curva de calibración

Abs2 = Absorbancia de la muestra

C1 = Concentración correspondiente a la absorbancia 1 en la curva de calibración

C2 = Concentración de sulfatos en el tubo

Para estimar la masa de sulfatos se tiene la siguiente fórmula (Guerra, 2010):

$$MSO_x = C2 * V$$

Donde:

m= masa de los sulfatos c/uno tubo (ug)

C2= Concentración de SO_x c/uno tubo (mg/l)

V=volumen de los reactivos (l)

Se determinó la concentración del SO₂ en el ambiente mediante la siguiente ecuación (Guerra, 2010):

$$CSO_2 \text{ (ug/m}^3\text{)} = \frac{mSO_x}{Q_k * t} * 10^6$$

Donde:

CSO_2 = Concentración de SO_2 en el ambiente (ug/m^3)

Q_k = valor de la frecuencia de muestreo (119 min/mL)

mSO_x = masa de los sulfatos c/uno de los tubos (ug)

t = tiempo de exposición (min)

3.10 Análisis espectrofotométrico de UV-visible

En el espectrofotómetro UV-Visible se configuró en el rango a realizar el barrido, primero se preparó el blanco y se colocó en el equipo hasta obtener la lectura correspondiente a cero. Para la medición de NO_2 posterior al cambio de coloración se procedió a medir las absorbancias con una longitud de onda de 540 nm, la muestra coloreada y la medición permitió concertar la longitud de onda apropiada y por ende la absorción de radiación electromagnética máxima para cada una de las muestras de los contaminantes gaseosos

Para la medición de las muestras previamente preparadas del SO_2 se llevó a cabo en el espectrofotómetro Uv-Visible con una longitud de onda de 420 nm, en donde se realizó las lecturas para cada tubo.

3.11 Corrección de resultados

Las correcciones en las mediciones de concentraciones de contaminantes, se lo realizó indicado por el Acuerdo Ministerial 097A Libro VI Anexo 4 Calidad del aire en la que se toma en cuenta las condiciones de la zona en el que se tomó las mediciones y con criterios del aire. Las concentraciones obtenidas para SO_2 , NO_2 se corrigieron a las condiciones ambientales de presión y temperatura de las dos zonas de estudio (Ministerio del Ambiente, 2011). Para ello se usó la siguiente ecuación:

$$Cc \Rightarrow Co * \frac{760 \text{ mm Hg}}{Pbl \text{ mmHg}} * \frac{(273,15 + t^{\circ}C)^{\circ}K}{298^{\circ}K}$$

Donde:

Cc = Concentración corregida (ug/m^3)

Co = Concentración observada u obtenida (ug/m^3)

Pbl = Presión atmosférica local (mmHg)

t = Temperatura local (°C)

3.12 Análisis estadístico

3.12.1 Almacenamiento de información

La información recolectada durante el tiempo del trabajo se recopiló en el programa Excel, en este se integran los puntos de muestreo y sus ubicaciones geográficas, los valores de concentraciones de los contaminantes y parámetros meteorológicos empleados, estos fueron guardados en una hoja de trabajo que más adelante ayudo en el análisis estadístico.

3.12.2 Análisis estadístico empleando el software SPSS

Se utilizó el Software SPSS para encontrar la normalidad de las concentraciones presentes en los gases con la concentración promedio de los contaminantes NO₂ y SO₂ analizados previamente en el Excel. Se definió un diseño de componentes principales que integran los parámetros y hace su viabilidad para trabajarlo, además que permite explicar la interacción de las concentraciones de los contaminantes. Esto dio paso, a poder estimar la tendencia futura de las emisiones para los contaminantes como los gases (SO₂ y NO₂) en este trabajo. Para su análisis se realizó mediante la prueba de Shapiro-Wilk, que es aplicable para encontrar la normalidad de los datos de muestreo menor a 50 datos.

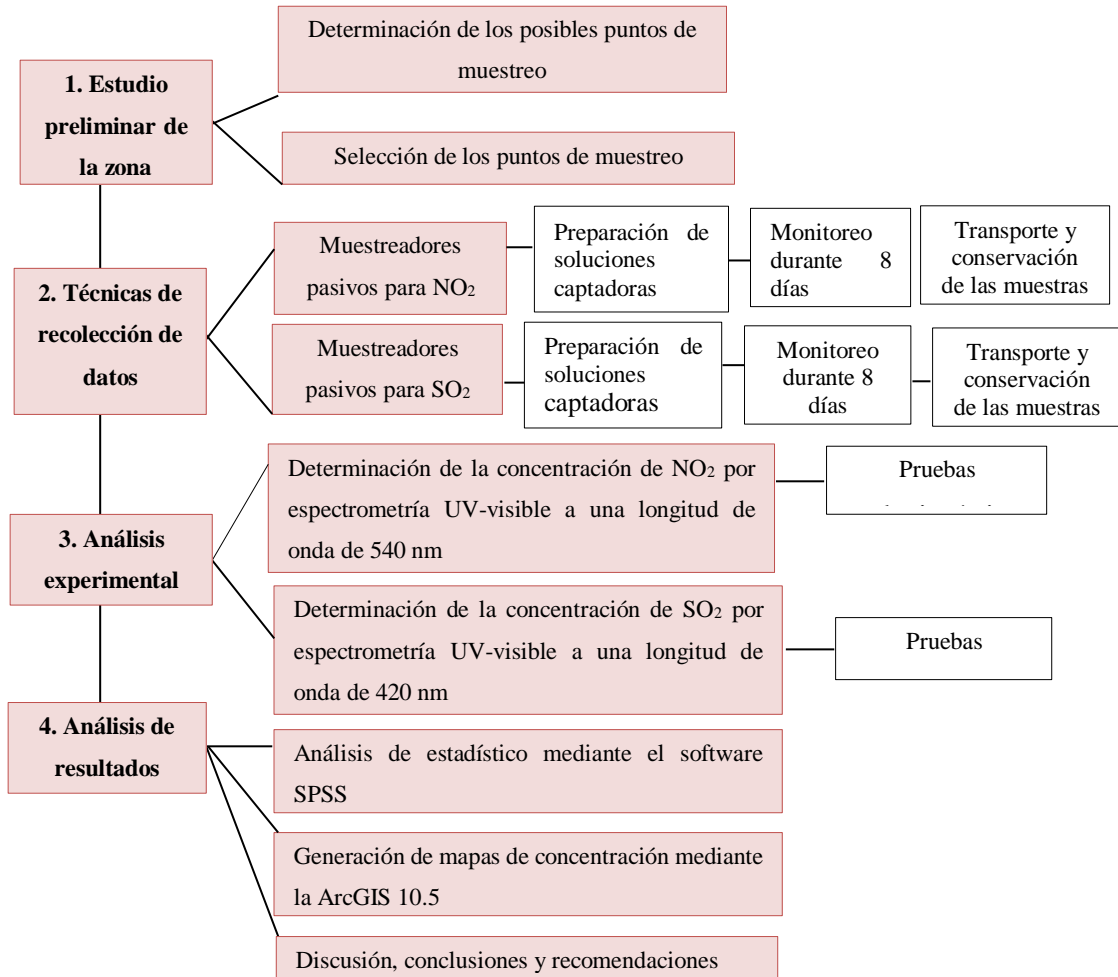
3.12.3 Mapa de concentración utilizando Arcgis 10.5

Partiendo de las concentraciones obtenidas en los puntos de monitoreo para los dos contaminantes estudiados, para la realización de los mapas de concentración se utilizó el Software Arc Gis 10.5, esto permitió conocer el comportamiento de los mismos, se partió de la base de datos en Excel de las estaciones de monitoreo con sus respectivas coordenadas UTM, estas fueron proyectadas en el software que generó un shapefile en donde se mostró cada punto para los dos gases (NO₂ y SO₂).

La elaboración de los mapas de dispersión se realizó con la aplicación de la parte cartográfica utilizando la herramienta IDW y con cada concentración obtenida en el muestreo esto permitió la interpolación de los datos. Una vez terminada con el proceso se obtiene el archivo ráster el cual incluye la información de la dispersión de los contaminantes para cada zona de estudio,

finalmente, se edita el documento colocando la escala pertinente y colores para mayor apreciación de cada punto de muestreo finalizando con la presentación del mapa.

3.13 Ingeniería de procesos



Realizado por: León V.; Tasna, M., 2022

CAPÍTULO IV

4. MARCO DE ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

4.1 Puntos de muestreo en las zonas de estudio

De acuerdo a los criterios de selección de muestra y las técnicas de recolección de los datos empleadas, se definió cada uno de los puntos de muestreo para las dos zonas de estudio.

A continuación, Tabla 4-1 y 4-2, se detallan las coordenadas de ubicación de los puntos de muestreo de las parroquias La Matriz y Huachi Grande:

Tabla 4-1: Puntos georreferenciados de SO₂ y NO₂ en la parroquia Huachi Grande de la ciudad de Ambato

Puntos de monitoreo	Coordenadas este (x)	Coordenadas sur (y)
PH1	762919	9855752
PH2	762962	9855699
PH3	762948	9855552
PH4	762971	9855508
PH5	762852	9855541
PH6	762893	9855440
PH7	762910	9855402
PH8	762781	9855425
PH9	762795	9855343
PH10	762967	9855326
PH11	762816	9855640
PH12	762980	9855430
PH13	762955	9855458
PH14	763130	9855514
PH15	763128	9855444
PH16	763100	9855616
PH17	762942	9855608
PH18	762761	9855513
PH19	762778	9855744
PH20	762730	9855657

Realizado por: León V.; Tasna, M., 2022

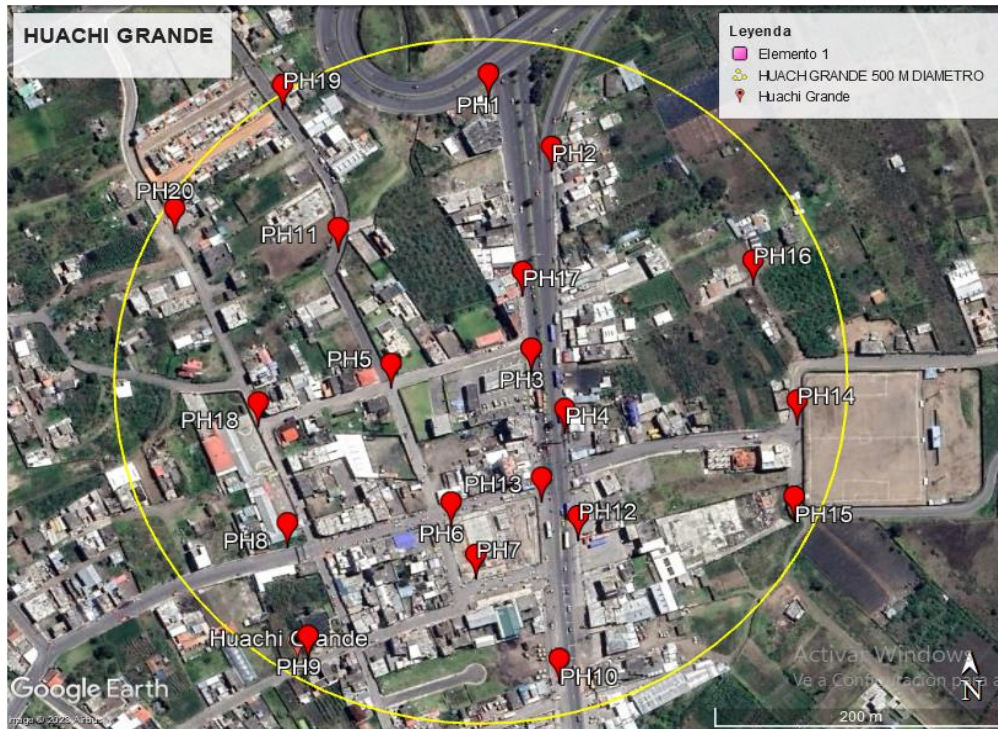


Ilustración 4-1: Puntos de muestreo de SO₂, NO₂

Fuente: Google Earth ©, 2022

Tabla 4-2: Puntos georreferenciados de SO₂, NO₂ en la parroquia La Matriz de la ciudad de Ambato

Puntos de monitoreo	Coordenadas este (x)	Coordenadas sur (y)
PM1	764092	9862293
PM2	764064	9862351
PM3	764195	9862353
PM4	764265	9862416
PM5	764311	9862452
PM6	764394	9862560
PM7	764185	9862465
PM8	764148	9862419
PM9	763994	9862450
PM10	764073	9862493
PM11	764152	9862529
PM12	764181	9862555
PM13	764080	9862632
PM14	764327	9862380
PM15	763945	9862521
PM16	764284	9862544
PM17	764268	9862696
PM18	764182	9862615
PM19	764012	9862699
PM20	764169	9862716

Realizado por: León V.; Tasna, M., 2022



Ilustración 4-2: Puntos de muestreo de SO₂ y NO₂

Fuente: Google Earth ®, 2022

4.2 Representación de las técnicas de recolección de datos



Ilustración 4-3: Preparación de la solución muestreadora

Realizado por: León V.; Tasna, M., 2022

En la Ilustración 4-3 se obtiene la preparación de la solución captadora de Trietanolamina y N-butanol llevada a cabo en el laboratorio de instrumental, fue reservada en botellas ámbar etiquetadas para la posterior refrigeración, el procedimiento realizado es similar al trabajo de

(Manrique & Ossa, 2010) los cuales emplearon las sustancias Trietanolamina y N-butanol usadas para la preparación del líquido absorbedor con el fin de determinar los SO_x y No_x.



Ilustración 4-4: Colocación de los muestreadores

Realizado por: León V.; Tasna, M., 2022

La Ilustración 4-4 corresponde al etiquetado y la colocación de cada uno de los tubos con la solución captadora para los muestreadores en las estructuras de seguridad de los puntos de muestreo, realizado mediante la observación y criterios como la transitividad de los vehículos por los puntos, zonas con afluencia poblacional, zonas de desarrollo comercial de diversos tipos, como lubricadoras, restaurantes, tránsito de comerciantes, residencias u hogares, así también en zonas menos concurrentes como fueron los sectores cultivos, con el propósito de analizar su distribución en cada punto, los parámetros considerados para la colocación tuvieron similitud con los descrito por (Caranqui, 2019) en su estudio el cual considero criterios como la seguridad, el impacto social y la infraestructura de cada zona permitiendo determinar los puntos más aptos para el diseño de la red de monitoreo para la zona urbana del cantón Ambato.



Ilustración 4-5: Análisis de muestreadores pasivos

Realizado por: León V.; Tasna, M., 2022

Se aprecia en la Ilustración 4-5 la fase de laboratorio en donde se obtuvo las concentraciones a través de espectrofotómetro UV-Visible en el laboratorio de investigación, estas muestras fueron analizadas para cada punto de muestreo en los dos sectores de estudio, de tal manera que se obtuvo una tabla matriz de los resultados para las concentraciones en las ocho semanas muestreados.

4.3 Concentraciones medidas de NO₂ y corregidas de acuerdo con las condiciones de la localidad según la normativa.

Finalizado los cálculos previamente mencionados en el capítulo III, se obtuvieron las concentraciones para el NO₂, se continuó con las correcciones de los datos registrados de acuerdo a las condiciones del sector de estudio.

Tabla 4-3: Concentraciones de NO₂ y SO₂ promedio por puntos de muestreo

Puntos de muestreo	NO ₂ promedio La Matriz (µg/m ³)	NO ₂ promedio	SO ₂ promedio	SO ₂ promedio
		Huachi Grande (µg/m ³)	La Matriz (µg/m ³)	Huachi Grande (µg/m ³)
1	72,410	109,985	32,872	36,093
2	90,931	95,947	29,865	34,558
3	84,130	103,987	36,677	53,918
4	100,994	119,967	49,400	41,475
5	104,094	79,329	94,034	38,148
6	115,589	98,386	27,326	39,886
7	113,517	83,979	32,321	33,468
8	103,371	90,712	30,248	39,729
9	81,957	64,385	39,148	37,821
10	72,528	59,804	34,909	40,718
11	80,644	83,583	34,270	68,996
12	86,036	110,830	24,485	130,208
13	90,103	99,906	24,705	127,048
14	84,618	95,566	31,497	59,960
15	86,036	57,247	38,856	30,147
16	119,314	40,599	47,128	26,985
17	102,154	66,764	44,132	40,759
18	102,570	39,071	33,410	27,856
19	75,433	40,220	35,852	21,164
20	83,437	39,186	41,062	42,003

Realizado por: León V.; Tasna, M., 2022

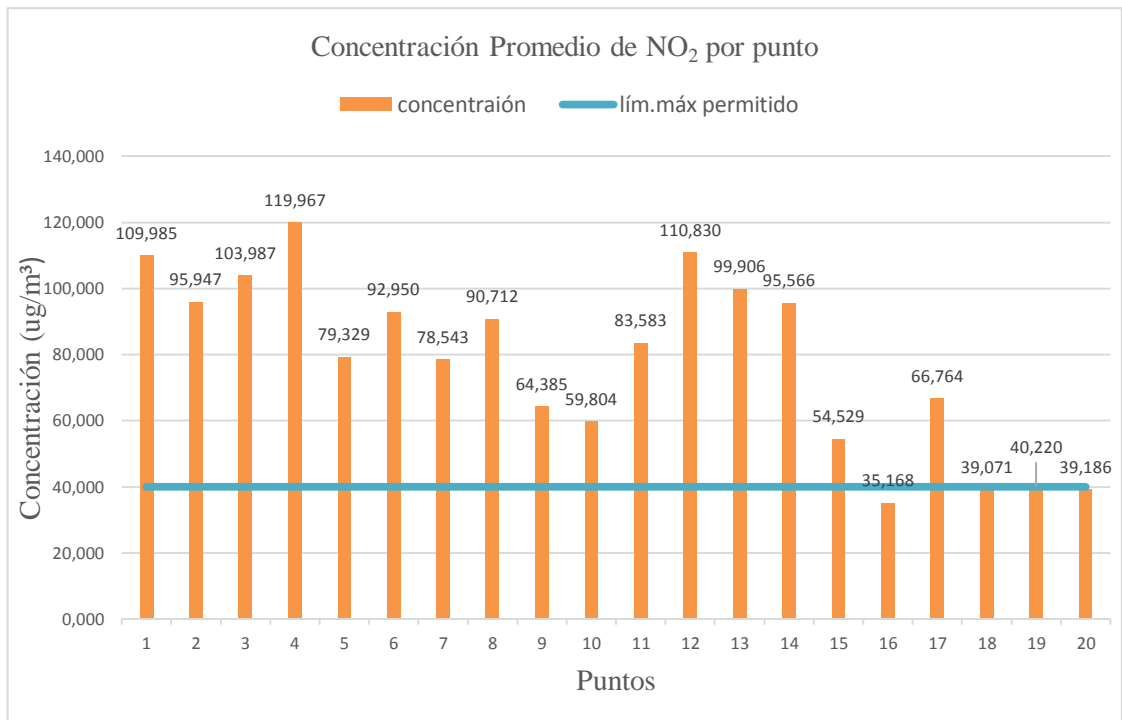


Ilustración 4-6: Concentraciones promedio de NO₂ encontradas en el paso lateral parroquia Huachi Grande.

Realizado por: León V.; Tasna, M., 2022

En la Ilustración 4-6 se observan las diferentes concentraciones de dióxido de nitrógeno (NO₂) promedio que fueron muestreados durante 8 semanas de estudio estos puntos se situaban alrededor de un área comprendida y en zonas estratégicos en el paso lateral de la parroquia Huachi grande, en donde se obtuvieron las concentraciones para los 20 puntos de muestreo, en donde el cuarto punto sobrepasa a los restantes con un valor de 119,967 (µg/m³). El punto 4 se ubicó en una zona con mayor afluencia de vehículos pesados como fue la estación de autobús y de automóviles por las semaforizaciones, igualmente se tiene concentraciones que llegan a superar los 100 (µg/m³) siendo estos los puntos 1,3 y 12 respectivamente, que estuvieron situadas en lugares similares al del punto 3, estos resultados se asimilan al estudio realizado por (PARDO, 2019). También se registró concentraciones inferiores, como el punto 16 con un valor de 35,168 (µg/m³) el cual se localizó mayormente apartada de los recorridos vehiculares siendo esta una zona de cultivos y de residencias.

Las concentraciones registradas en los puntos muestreados supera el límite máximo permitido establecidos en la normativa que menciona que para el dióxido de nitrógeno el valor máximo permitido se tiene un valor de 40 µg/m³ (FAO, 2015).

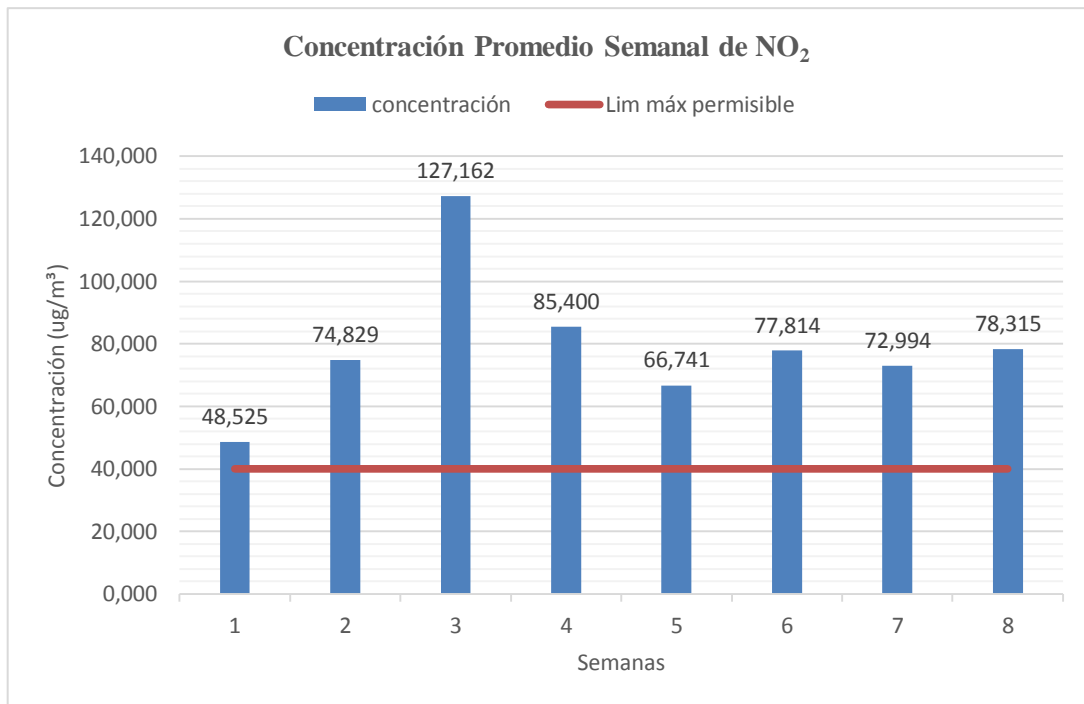


Ilustración 4-7: Concentraciones semanales para el NO₂ en el paso lateral parroquia Huachi Grande.

Realizado por: León V.; Tasna, M., 2022

En la Ilustración 4-7 se indica las concentraciones de las ocho semanas muestreadas, se observó que la semana con la mayor recurrencia del contaminante fue en la tercera semana, con un valor igual a 127,162 (µg/m³), seguido por la cuarta y octava semana con 85,400 y 78,315 (µg/m³) respectivamente, los periodos de las semanas con menor afluencia son las semanas primera y quinta con 48,525 y 66,741 µg/ m³ para cada uno, los resultados que se reportados muestran similitudes con lo entregado por (Freire, 2017), el cual obtuvo un promedio de 95,6 µg/ m³ en la semana muestreada para el NO₂.

El dióxido de nitrógeno se llega a formar al combinarse el nitrógeno que se encuentra en la zona presente en el aire y el carbono que es arrojado en el proceso de combustión y oxidación en la quema de los combustibles (Aránguez, et al. 1999), por esta razón se considera que las concentraciones obtenidas para la tercera semana se deben a que el tránsito de vehículos fue intenso en dicha semana, ya que en ese tiempo se presentaron festividades en la zona lo que incrementa las emisiones del contaminante y sus concentraciones se vieron elevadas.

El promedio de las semanas de muestreo demuestra que todas superan el límite máximo permisible para el contaminante, de acuerdo con lo establecido con la normativa Acuerdo ministerial N° 097 para calidad de aire ambiente en la zona estudio (FAO, 2015).

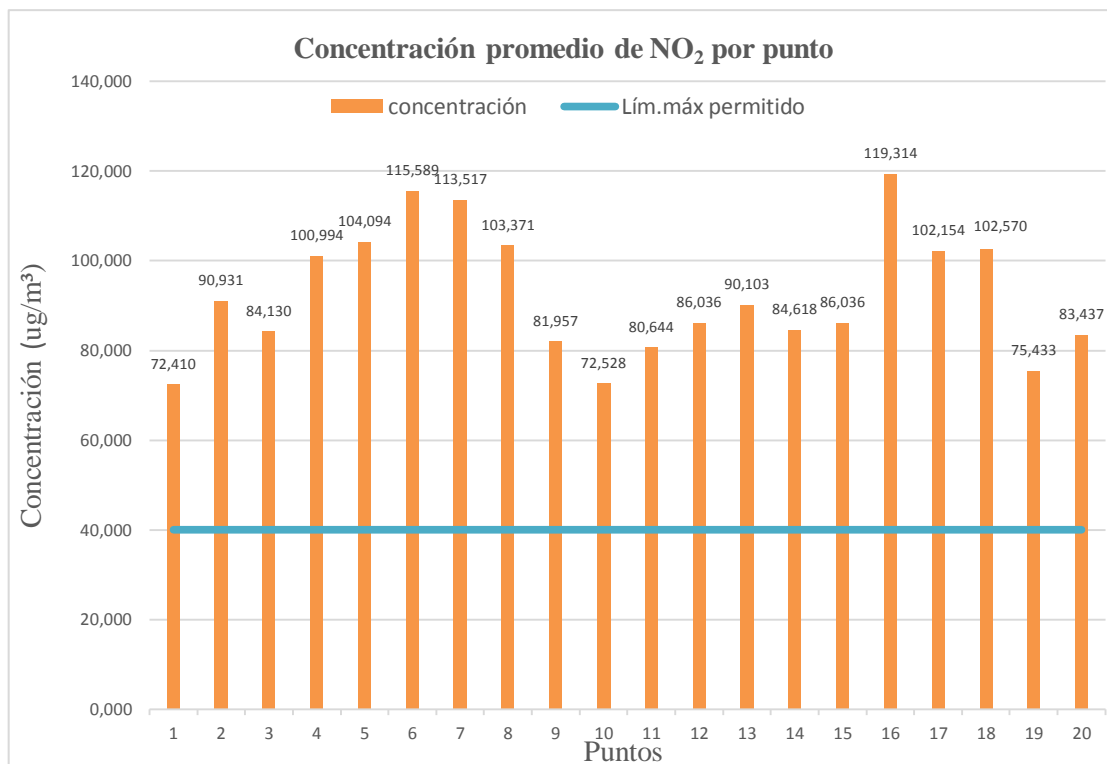


Ilustración 4-8: Concentraciones por punto muestreado para el NO₂ en la parroquia La Matriz

Realizado por: León V.; Tasna, M., 2022

En la Ilustración 4-8 se encuentra las concentraciones obtenidas para el NO₂ en la parroquia la Matriz en los 20 puntos de muestreo, las concentraciones halladas muestra que con mayor concentración el punto 6 y 16 tienen valores de 115,589 y 119,314 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) para cada uno, estos valores pueden deberse a que dichos puntos se ubican en zonas céntricas cercanas a los lugares de comercio, negocios y tránsito de múltiples camiones y vehículos pesados que ingresan y salen con la carga de los diferentes productos, además de la circulación de automóviles particulares por las zonas, estas características se presenta similares en el estudio realizado por (Tapia, 2019) donde se obtuvo concentraciones para el NO₂ superiores a 21,31 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$), que se debe a la compleja topografía, actividades como la combustión del parque automor y las construcciones del cantón Ambato. El punto 1 obtuvo la menor concentración comparado con los demás puntos representados en el estudio para la Matriz.

Se tiene que los puntos de muestreo en promedio se encuentran superando lo establecido por la normativa que menciona un valor máximo de 40 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) que no debe ser superado en un año, las concentraciones está por encima de la misma (FAO, 2015).

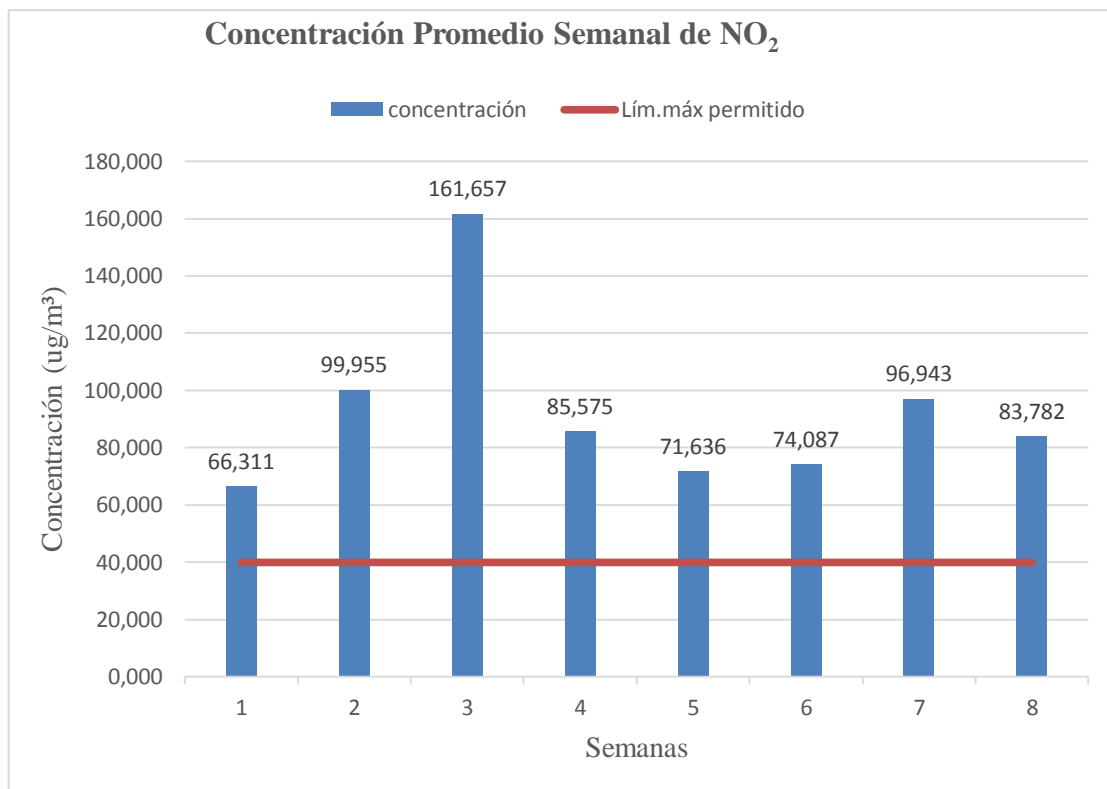


Ilustración 4-9: Concentraciones promedio semanal para el NO₂ en la parroquia La Matriz

Realizado por: León V.; Tasna, M., 2022

En la Ilustración 4-9 se indica las concentraciones de las ocho semanas muestreadas en la Matriz, la semana con la mayor recurrencia del contaminante fue en la tercera semana, con un valor igual a 161,657 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$), seguido por la segunda y séptima semana con 99,955 y 96,943 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$), las semanas con concentraciones de menor afluencia se encuentra la primera y quinta con valores de 66,311 y 71,636 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) para cada uno, los resultados que se reportados muestran similitudes con los resultados entregado en el estudio de (Freire, 2017).

Las semanas muestreadas para el NO₂ registra que el contaminante denota que están por encima de lo que establece la normativa, que menciona que no debe superar valor mayor de 40 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) para un año para el contaminante (FAO, 2015).

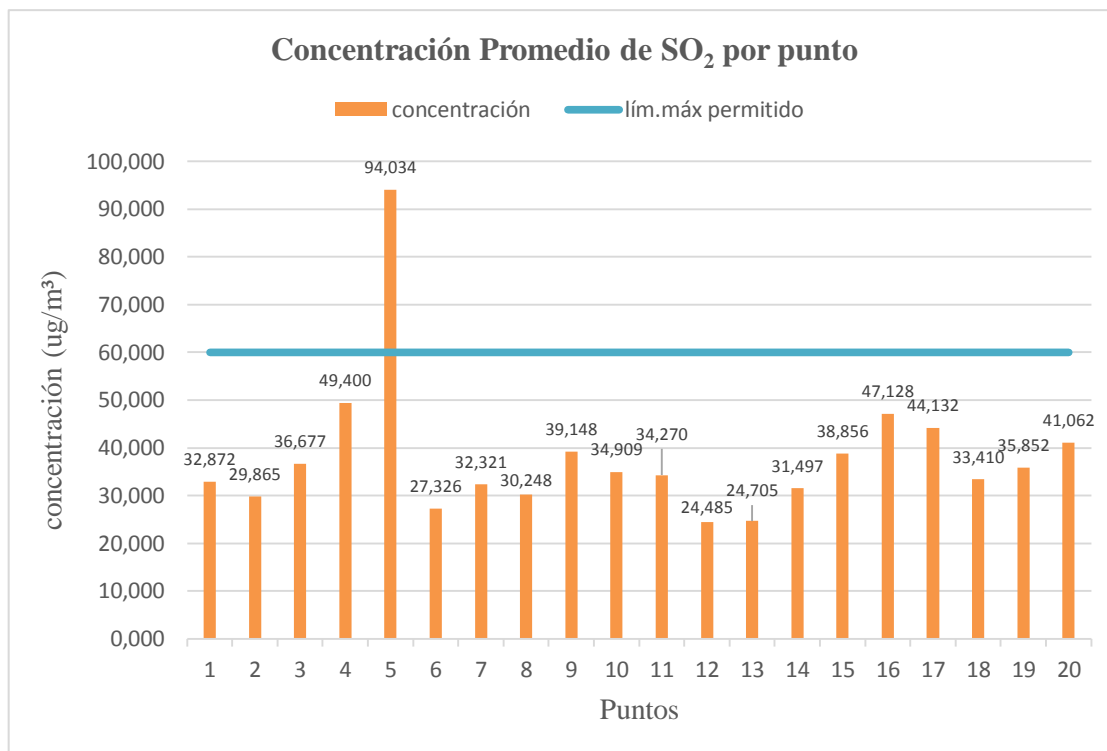


Ilustración 4-10: Concentración promedio de SO₂ por punto, en la parroquia La Matriz

Realizado por: León V.; Tasna, M., 2022

En la Ilustración 4-10, se observa que la concentración promedio por punto de SO₂ alcanza una concentración representativa en el punto 5 con un valor de 94,034 (µg/m³), esto debido a que constituye al punto donde existe mayor afluencia vehicular en especial de buses urbanos y estar ubicado en el centro de la ciudad donde existe mayor tráfico vehicular, resultado respaldado por el estudio realizado por (Villafuerte, 2017) donde establece que los puntos de mayor concentración es debido al elevado tránsito vehicular en la zona de estudio. El punto de menor concentración se puede apreciar en el 12 con un valor igual a 24,485 (µg/m³), esto debido a que se encuentra en una zona de parqueadero y por lo tanto no existe circulación vehicular constante, valor respaldado por el estudio realizado por (Villafuerte, 2017) donde establece que se obtiene menores concentraciones por la ausencia de fuentes de emisión de contaminación por lo que le atribuye una baja concentración.

Los puntos para la localidad estudiada se encuentran mayormente dentro de lo establecido en la normativa que menciona que para el dióxido de azufre el valor por un año no debe superar o ser mayor a un valor de 60 (µg/m³) (FAO, 2015).

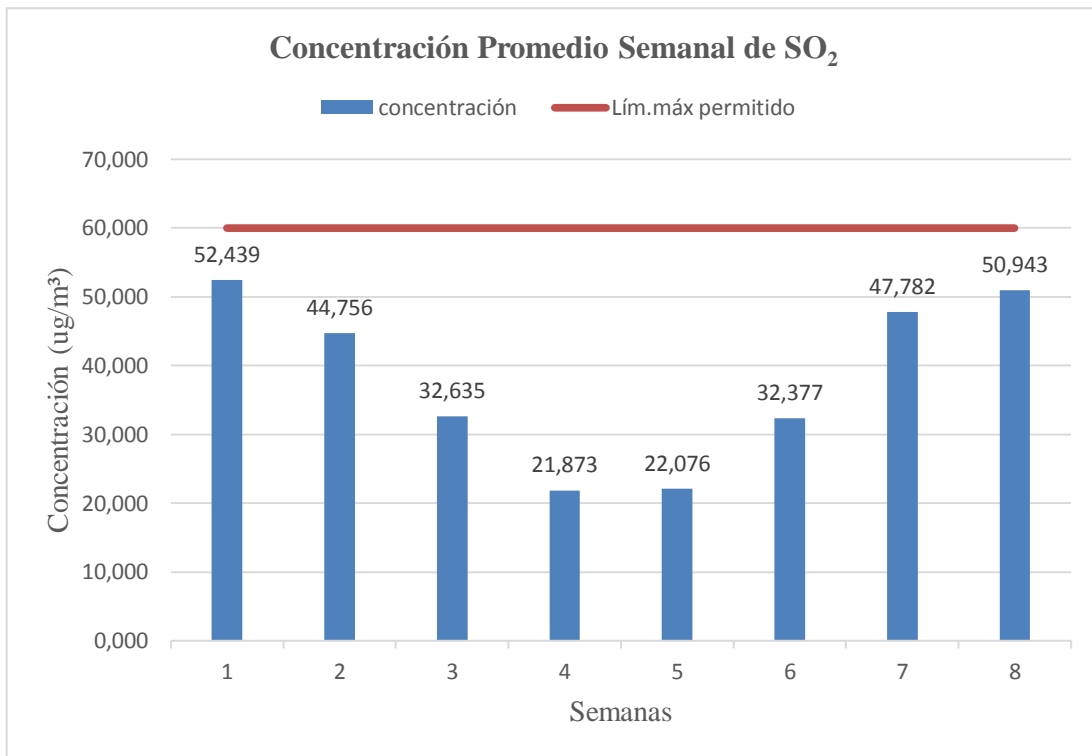


Ilustración 4-11: Concentración promedio de SO₂ semanal, en la Parroquia La Matriz

Realizado por: León V.; Tasna, M., 2022

La concentración promedio semanal durante las 8 semanas de monitoreo, que se expresa en la Ilustración 4-11 donde se observa una mayor concentración de SO₂ con un valor igual a 52,439(µg/m³), correspondiente a la primera semana, seguido por la semana 8 con un valor de 50,943(µg/m³), semana 7 con un valor igual a 47,782(µg/m³), y la semana 2 con valor igual a 44,756(µg/m³), en donde hay mayor urbanización y demanda gran presencia vehicular, respaldado con el resultado obtenido por (Villafuerte, 2017) donde se evidencia mayor concentración del contaminante debido a la afluencia vehicular de la zona. La semana de menor concentración constituye la semana 4 con un valor igual a 21,873(µg/m³), debido a menor movilidad de vehículos en comparación a las semanas 8, 7 y 2.

Para las semanas monitoreadas para la localidad estudiada se encuentran dentro del marco normativo establecido, que menciona que para el dióxido de azufre el valor por un año no debe superar o ser mayor a un valor de 60 (µg/m³) (FAO, 2015).

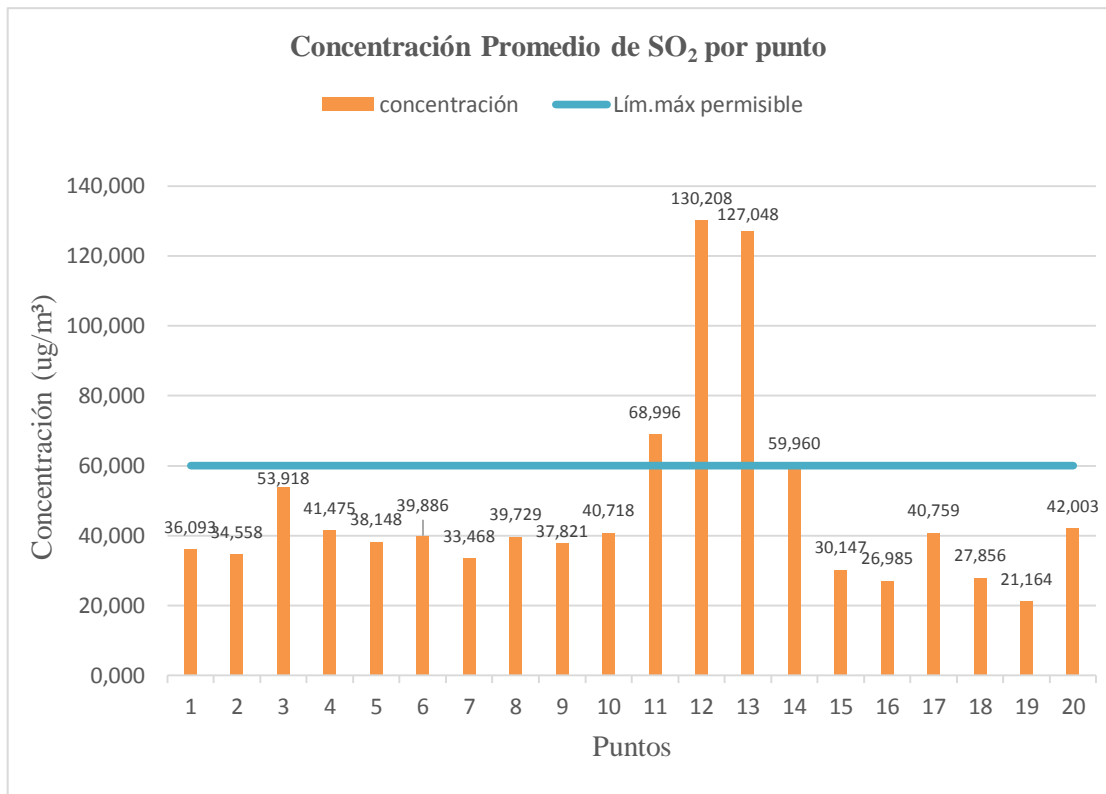


Ilustración 4-12: Concentración promedio de SO₂ por punto (µg/m³), en la Parroquia Huachi Grande

Realizado por: León V.; Tasna, M., 2022

En la Ilustración 4-12 se observa una elevada concentración en los puntos 12 con un valor igual a 130,208(µg/m³) y el punto 13 con un valor igual a 127,048(µg/m³), debido a que constituyen puntos en donde existe mayor tránsito vehicular ya que corresponde a la zona tanto de ingreso y salida de vehículos livianos y pesado hacia otras provincias del país. Resultado que concuerda con los estudios realizados por (Villafuerte, 2017) donde se relaciona la elevada concentración de SO₂ con la demanda vehicular existente en la zona de estudio. Mientras que los puntos de menor concentración vehicular se encuentran en los puntos 19 con un valor igual a 21,164 (µg/m³); el punto 18 con un valor igual a 27,856 (µg/m³) y el punto 16 con un valor igual a 26,985 (µg/m³), debido a que se encuentra en zonas alejada de la urbanización e industrias, en donde existe actividades de fruticultura y por lo tanto no existe afluencia vehicular.

Los puntos para la localidad de Huachi Grande los valores promedio obtenidos se encuentran mayormente dentro de lo establecido en la normativa que menciona que para el dióxido de azufre el valor por un año no debe superar o ser mayor a un valor de 60 (µg/m³) (FAO, 2015).

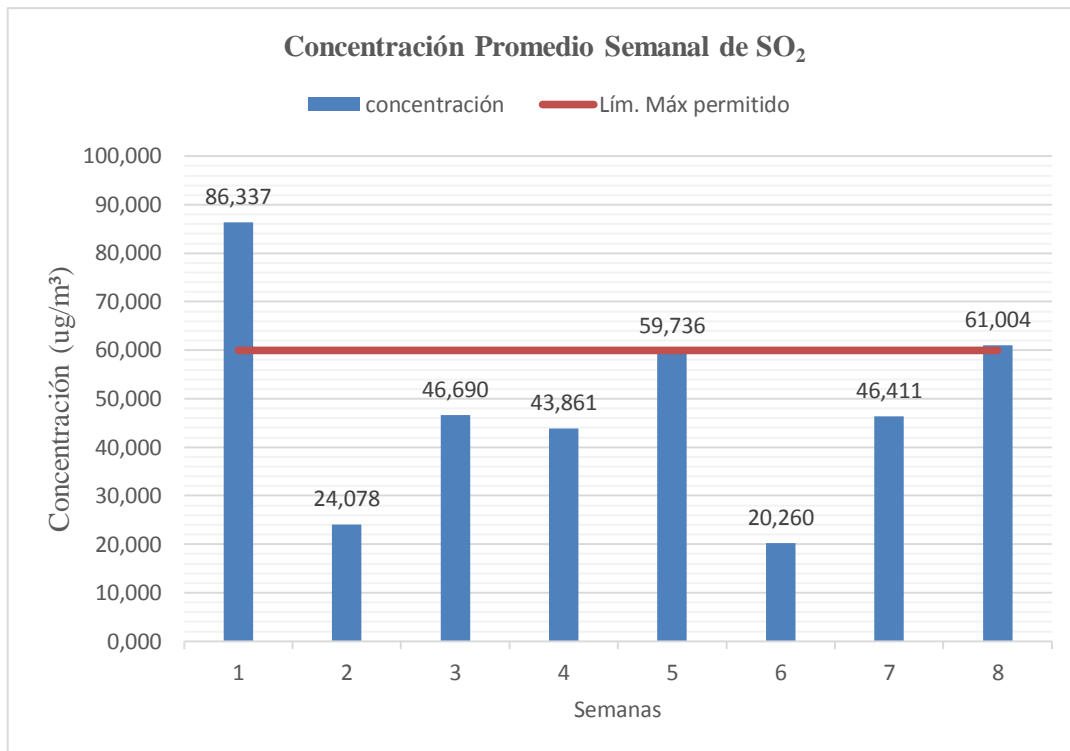


Ilustración 4-13: Concentración promedio de SO₂ semanal (µg/m³), en la Parroquia Huachi Grande

Realizado por: León V.; Tasna, M., 2022

La concentración promedio semanal durante las 8 semanas de monitoreo, que se expresa en la Ilustración 4-13 donde se observa una mayor concentración de SO₂ con un valor igual a 86,337(µg/m³), correspondiente a la primera semana, seguido por la semana 8 con un valor de 61,04(µg/m³), y la semana 5 con valor igual a 59,736(µg/m³), en donde hay mayor urbanización y demanda gran presencia vehicular, respaldado con el resultado obtenido por (Villafuerte, 2017) donde se evidencia mayor concentración del contaminante debido a la afluencia vehicular de la zona. La semana de menor concentración constituye la semana 6 con un valor igual a 20,260(µg/m³), debido a que durante estos días hubo menor actividad vehicular en comparación a las demás semanas en donde la actividad se desarrolla con normalidad y por lo tanto existe mayor emisión de contaminantes.

Para las semanas monitoreadas presenta que se encuentran superando el límite máximo permitido por la normativa, que menciona que para el dióxido de azufre el valor por un año no debe superar o ser mayor a un valor de 60 (µg/m³) (FAO, 2015).

4.4 Análisis de las concentraciones de NO₂ y SO₂ empleando ArcGIS

Las concentraciones registradas para el NO₂ y SO₂ obtenidos de los 8 monitoreos dentro de los 20 puntos de muestreo en las parroquias Huachi Grande y La Matriz en la ciudad de Ambato fueron necesario representarlas gráficamente mediante el uso de software ArcGIS con el objetivo de establecer una escala colorimétrica, donde se evidencie la variación de la concentración de los contaminantes en cada uno de los puntos de estudio.

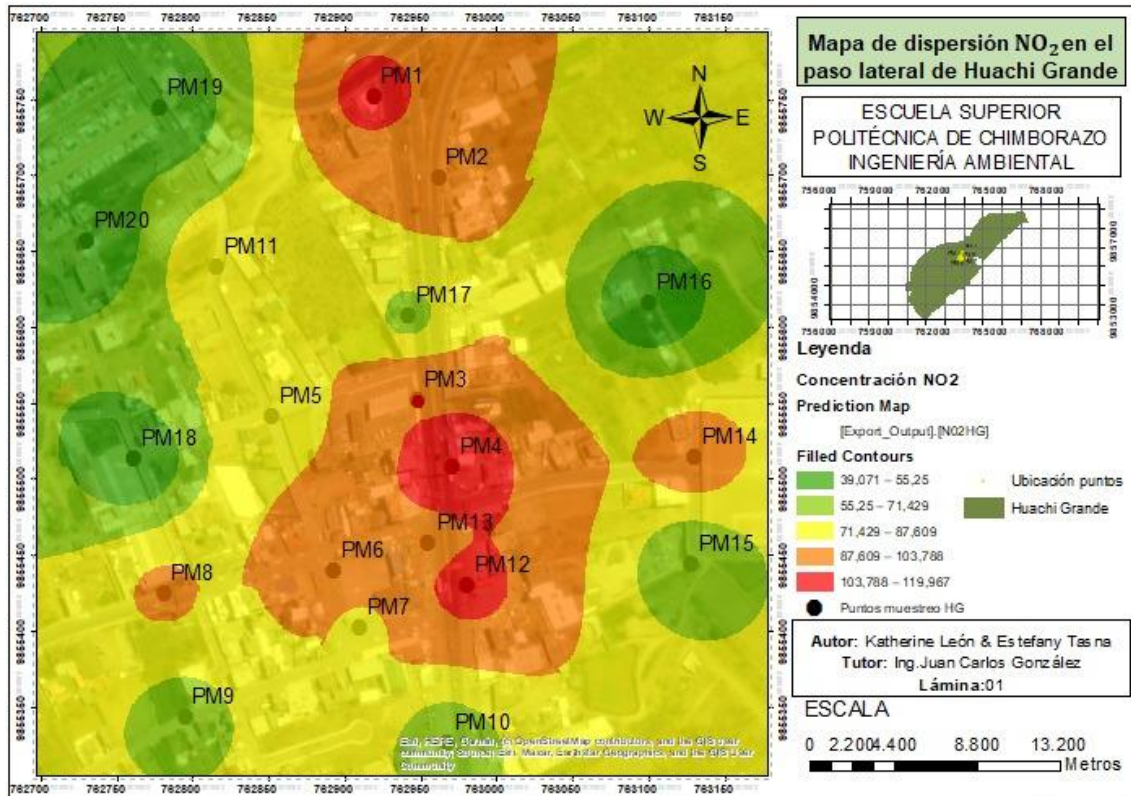


Ilustración 4-14: Mapa de dispersión de NO₂ (Huachi Grande)

Realizado por: León V.; Tasna, M., 2022

En la Ilustración 4-14 se muestra la dispersión del NO₂ alrededor de la salida y entrada en el sector del paso lateral de la parroquia Huachi Grande, se visualiza que los puntos 1,4,12 con valores de 109,985; 119,967; 110,830 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) y que están en un rango de 103,788 y 119,967 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) toman una coloración rojiza lo que demuestra una relevancia del contaminante en dichos puntos, esto se debe a que dichas zonas se muestran con mayor tránsito vehicular, ya que estos ubican a las paradas de automóviles de carga y transporte pesado, además de los vehículos particulares que circulan por el paso de la avenida Panamericana que atraviesa a la parroquia de Huachi Grande, el valor con menor concentración está en el punto 18 con un valor de 39,071 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) y se colorea de color verde de acuerdo a la colorimetría de la escala, esto concuerda con los lugares muestreados localizados en zonas residenciales y de cultivos. Se observa que la calidad

del aire en dichas zonas está afectada por las diferentes actividades, uso progresivo de combustibles y condiciones ambientales como lo menciona (Vidal y Pérez, 2017) en su estudio, que atribuye a condiciones como los vientos de calma y al aumento de la temperatura en la obstrucción para la dispersión de contaminantes y su densidad elevada.

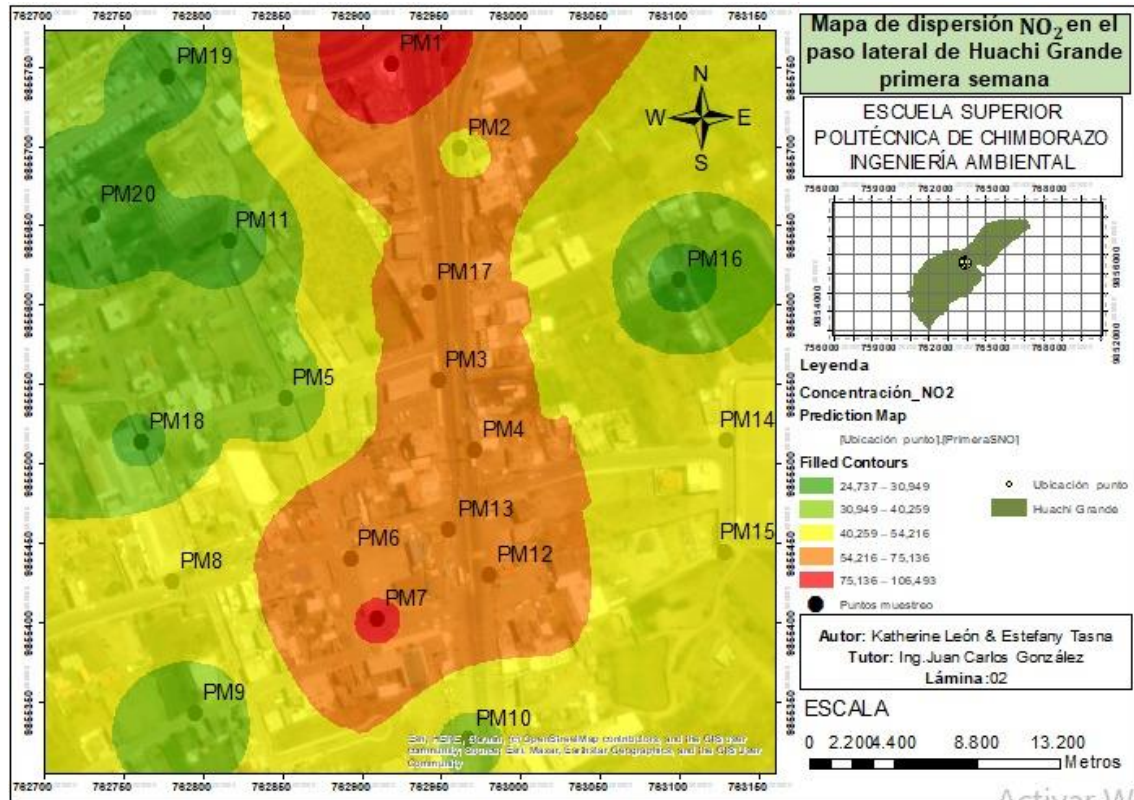


Ilustración 4-15: Mapa de dispersión de NO₂ (Huachi Grande) en la primera semana.

Realizado por: León V.; Tasna, M., 2022

En la Ilustración 4-15 se observa las mediciones de dióxido de nitrógeno realizadas en la primera semana de monitoreo, las mismas muestran diferencias entre punto a punto. Las concentraciones indica las variaciones obtenidas, en el cual el punto uno con la coloración rojiza tiene una mayor concentración con un valor de 106,493 (µg/m³), esto puede deberse debido a que se localiza a la entrada de la carretera que pasa por la parroquia el cual es un punto con gran afluencia vehicular de carga pesada, esto concuerda con el estudio de (Orozco & Romaña, 2018) que menciona la presencia de una mayor concentración de NO₂ en las zonas de alto flujo vehicular de carga pesada que usan Diésel para su proceso de combustión. Los puntos 3, 4, 6, 13, 14, 17 tienen una coloración naranja con un rango de 54,216-75,136 (µg/m³), es decir, la dispersión del contaminante para los puntos se encuentra mayormente en este rango, ya que estos puntos se distribuyen a lo largo una parte del sector comercial de la parroquia, siendo sitios muy transitados por los vehículos y automotores de carga pesada y dada las actividades diarias que realizan los

habitantes. Los puntos 11, 16, 19 y 20 tienen valores menores con un rango 24,737- 30,949 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) que presenta un color verde en el rango de la colorimetría, puede deberse a que estos se hallaban en zonas residenciales y cercanos a plantaciones para cultivos del sector.

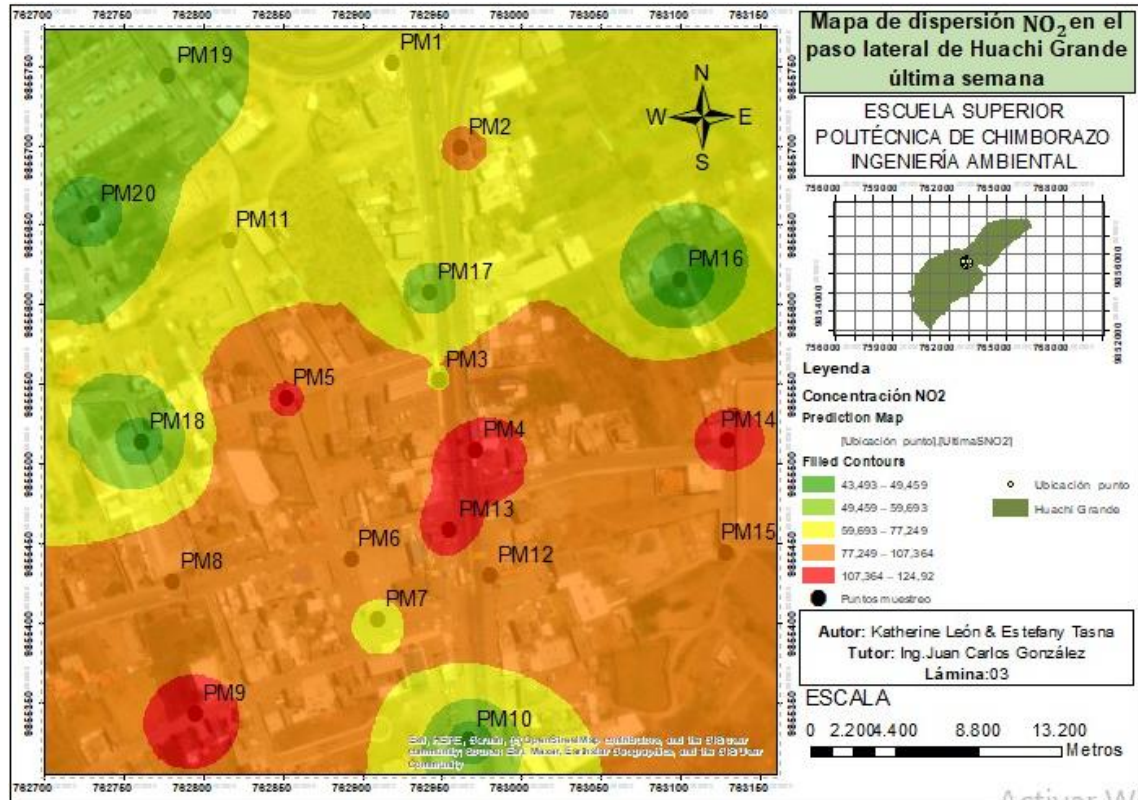


Ilustración 4-16: Mapa de dispersión de NO_2 (Huachi Grande) en la octava semana

Realizado por: León V.; Tasna, M., 2022

En la Ilustración 4-16, se tiene la dispersión del contaminante NO_2 para la octava semana de monitoreo, este se observa que los puntos muestreados con mayores concentraciones promedio para la semana están en los puntos 4,9,13 y 14 que se muestran con la coloración roja, y están en un rango de 107,364-124,920 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$), este rango puede deberse a que los puntos se hallaban en sitios con alta afluencia de comerciantes, locales comerciales, parada de autobuses, el cual atribuía a una gran circulación de diferentes automotores por los puntos. Así mismo los puntos de menor concentración para el contaminante se encontraron en los puntos 16, 19 y 20 con un rango de 43,493- 49,459 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$). Al comparar con la primera semana de muestreo, se puede revisar que las concentraciones incrementaron gradualmente en esta última, siendo los puntos cercanos a sitios de gran afluencia vehicular los que registraron una diferencia muy elevada, con respecto al primer muestreo, estas diferencias en las concentraciones posiblemente tienen relación con acontecimientos puntuales, tales como fueron las festividades de fin de año en la parroquia, por otro lado, se registraron puntos con concentraciones menores puesto que los mismos se hallaron

en sitios más alejados o zonas de residencias, con el cual se pudo verificar las fluctuaciones en las concentraciones de cada uno de los puntos en las 8 semanas de muestreo.

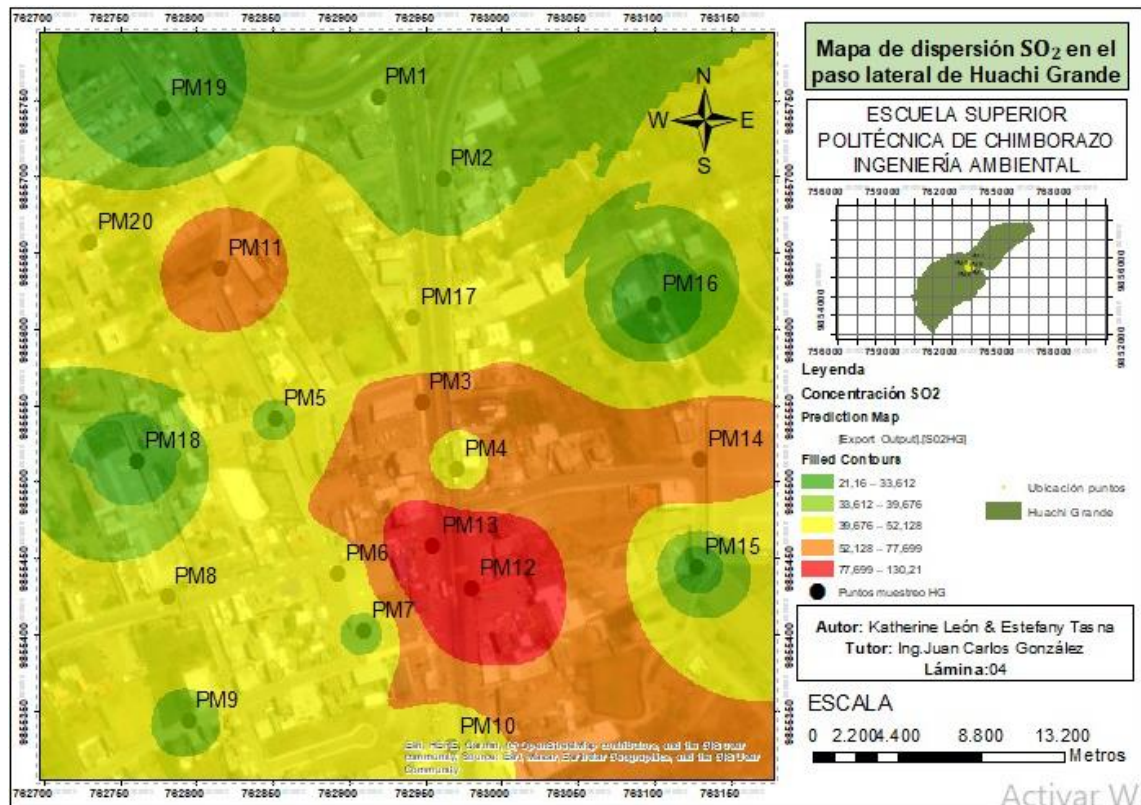


Ilustración 4-17: Mapa de dispersión de SO₂ (Huachi Grande)

Realizado por: León V.; Tasna, M., 2022

La Ilustración 4-17 ilustra la dispersión y distribución de SO₂ en el paso lateral de la parroquia Huachi Grande, donde se aprecia que los puntos 12 y 13 denotan una mayor concentración con valores de 130,208 y 127,048 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) respectivamente para cada uno, se ubican dentro del rango de 78,699-130,21 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) indicada en la escala colorimétrica de color rojiza, también se ve rangos medios como lo indica el punto 11 con el valor de 68,996 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$), esto puede deberse porque los puntos se localizaron en sectores cercanos a establecimientos de comercios, negocios múltiples como el de comidas rápidas, panaderías y similares que implica la existencia de fuentes de combustión por vehículos o chimeneas. Dado que el SO₂ se genera por la oxidación del azufre con presencia de oxígeno estas actividades contribuye a la emisión del contaminante esto concuerda con lo mencionado por (Gonzalez, 2015) el cual atribuye al alto tráfico vehicular como el responsable en las elevadas concentraciones de SO₂. La concentración baja se encuentra en el punto 19 con un valor de 21,164 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) que se encuentra dentro del rango de 21,161-33,612 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) marcada de una coloración verde oscuro de acuerdo con la escala colorimétrica, esto

denota la baja concentración en el punto, esto se debe a que el muestreador se localizó más alejado de fuentes industriales y comerciales directas que atribuye al incremento del contaminante.

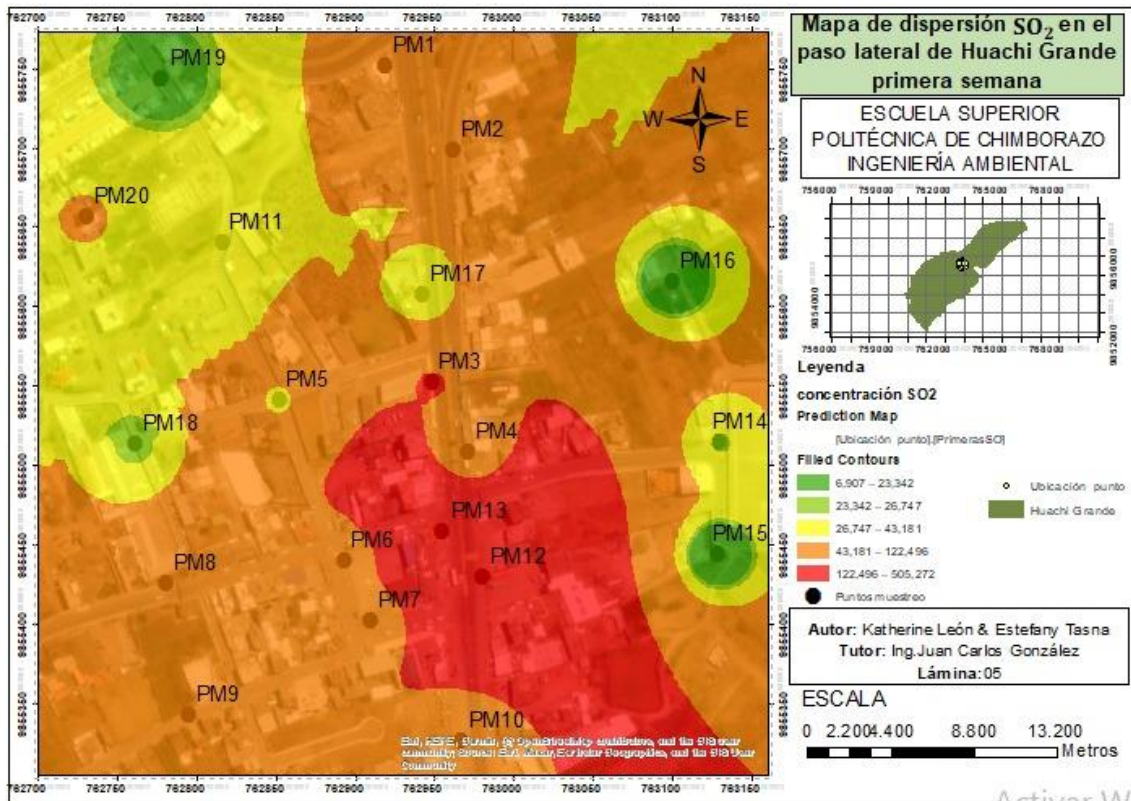


Ilustración 4-18: Mapa de dispersión de SO₂ (Huachi Grande) en la primera semana

Realizado por: León V.; Tasna, M., 2022

La Ilustración 4-18 podemos observar las concentraciones de dióxido de azufre realizadas en la primera semana de monitoreo, se puede identificar a los puntos con mayor concentración del contaminante, los cuales fueron 3, 12, 13 que muestran una coloración roja dentro de la escala y van en un rango entre 122,496-505-272 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$), esto se atribuye a que la zona es parte comercial en donde se tiene diversos negocios como restaurantes, empresa textil, mecánicas, servicios petroleros, además el uso de fertilizantes en los cultivos de la zona, esto concuerda con lo mencionado por (Tapia, 2019), igualmente apporto la combustión por parte de los vehículos que circulan diariamente como diversos camiones de carga pesada o automóviles particulares y motocicletas que para su funcionamiento liberan gases de combustión, puesto que por ser una zona comercial hay una mayor transitabilidad vial que en mucho de los casos da la formación de largas filas y congestiones en los puntos.

Como indica en el estudio realizado por (BURGOS, 2015) el incremento en la congestión vehicular puede traducirse con el pasar del tiempo en un problema en la calidad de vida de los habitantes

en las zona urbanas y las personas que desarrollan las actividades comerciales, dando afecciones y afectando a la salud.

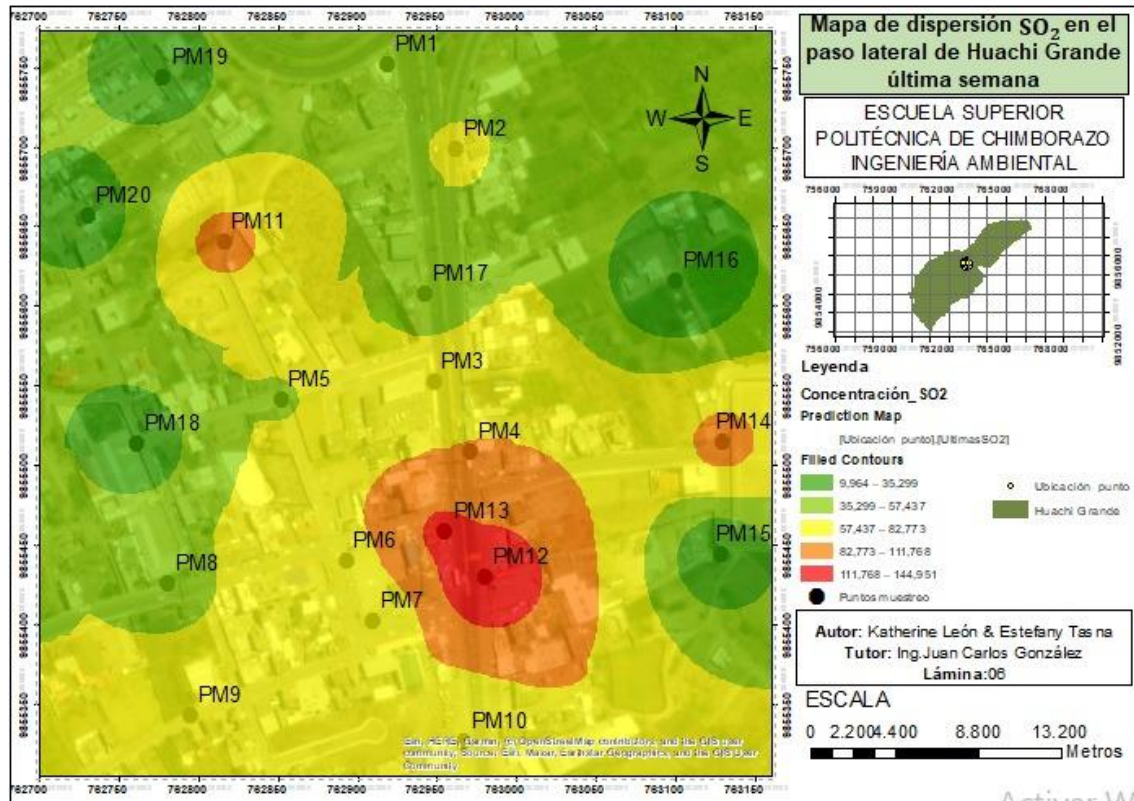


Ilustración 4-19: Mapa de dispersión de SO₂ (Huachi Grande) en la octava semana

Realizado por: León V.; Tasna, M., 2022

En la siguiente Ilustración 4-19 se observa las mediciones y concentraciones para el SO₂ obtenidas en la octava semana de monitoreo, de los cuales los puntos 13 y 14 con una coloración roja y un rango de 111.768-144,951 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) se muestran de mayor concentración en la semana, estos puntos asimilan a la misma colorimetría presentada en la primera semana de muestro, es decir, fueron puntos focos en la dispersión del contaminante, igualmente, con una coloración naranja se vio los puntos cercanos a la zona de alta concentración para el SO₂ en un rango de 82,773-111.768 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$), puede deberse a factores como el alto flujo vehicular y a la presencia de negocios y actividades de la población que generan procesos de combustión para su funcionamiento, concuerda con lo mencionado por (Estrada, 2021) que atribuye la presencia de vehículos exteriores y la existencia de zonas de pequeñas industrias con el incremento de las concentraciones del contaminante en la zona de estudio.

Al revisar con la primera semana se puede ver que las concentraciones se distribuyeron uniformemente en donde se observa claramente los puntos más concentrados, las variaciones en las concentraciones indicó que los puntos más cercanos a los lugares transitados marcaban la

dispersión más homogénea y a su vez el mapa indica que el contaminante se dirige hacia el Este, en donde existen varias residencias, conjuntos de viviendas de los habitantes de la zona e igualmente se desarrolla varias actividades comerciales.

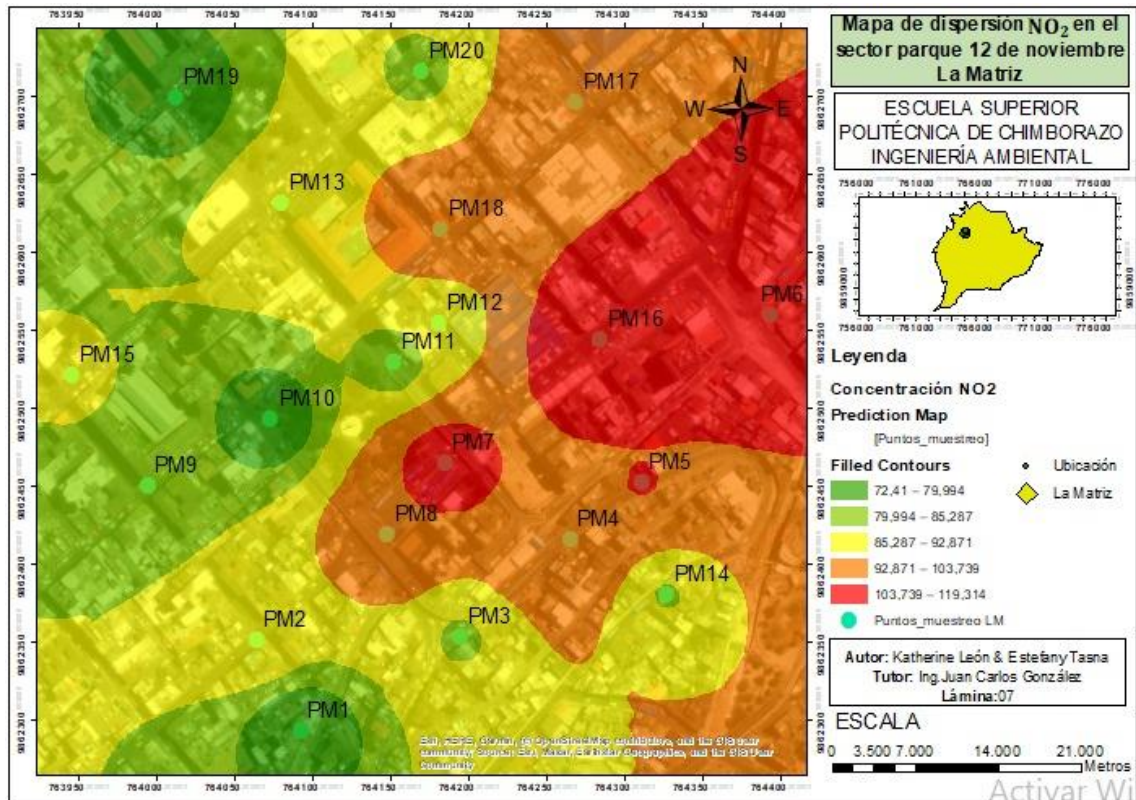


Ilustración 4-20: Mapa de dispersión de NO₂ (La Matriz)

Realizado por: León V.; Tasna, M., 2022

La Ilustración 4-20 ilustra la concentración de NO₂ en los alrededores del sector Parque 12 de Noviembre que abarca el mercado Artesanal y mercado Central de la ciudad de Ambato, donde se aprecia que el punto 7, 6 y 16 presenta una concentración comprendida en un rango de 103,739 a 119,314 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) que corresponde a un color rojo de la escala colorimétrica, que representa a una concentración cuantitativa alta, debido a que se encuentra en una zona de mayor afluencia vehicular como es la estación de los buses urbanos tanto de ingreso y salida del centro de la ciudad, los resultados obtenidos muestran similitud por el estudio realizado por (PARDO, 2019) donde establece que se obtienen mayores concentraciones debido a la permanente circulación vehicular que existente en la zona donde se ubica una empresa industrial

Concentraciones bajas se visualizan en los puntos 19, 10, 1 y 11 comprendidas entre un rango de 72,41 - 79,994 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$), corresponde a una coloración verde pasto de la escala colorimétrica aplicada, que indica una baja concentración de SO₂, debido a que los muestreadores se encuentran localizados en zonas en donde el tráfico vehicular es poco dominante.

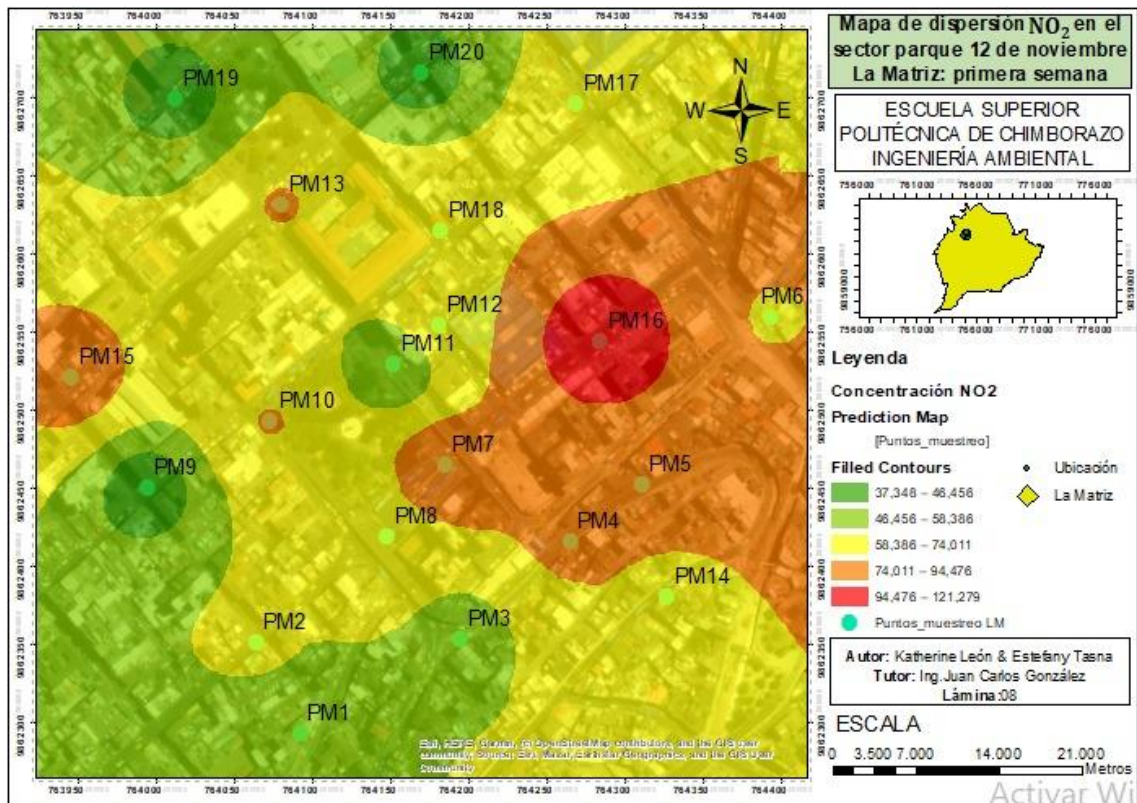


Ilustración 4-21: Mapa de dispersión de NO₂ (La Matriz) en la primera semana

Realizado por: León V.; Tasna, M., 2022

En la siguiente Ilustración 4-21 se observa las mediciones de dióxido de nitrógeno realizadas en la primera semana de monitoreo, en el cual el único punto con mayor concentración es el PM16, que presenta una coloración roja tiene una mayor concentración con un valor de 106,493 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$), esto es debido a que se encuentra en la avenida en donde existe mayor tráfico vehicular de buses y automóviles, el cual es una gran aporte en el incremento de las concentraciones del contaminante, debido a que se genera por la combustión donde hay la presencia de óxidos nítricos que al oxidarse se convierte en monóxido de nitrógeno (NO) y dióxido de nitrógeno NO₂ como lo describe (Bermeo & Vega, 2018) en su estudio. Los puntos 17, 18, 12, 8, 2 y 14 tienen una coloración amarillenta con un rango de 58,386-74,011 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$), es decir, la dispersión del contaminante para los puntos se encuentra mayormente dentro de este rango, ya que estos puntos se distribuyen a lo largo una parte de los sectores en donde existe menor tránsito vehicular. Los puntos 11, 1, 3, 9, 19 y 20 tienen valores menores con un rango 37,348- 46,456 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) que presenta un color verde en el rango de la colorimetría, puede deberse a que estos se hallaban en zonas residenciales por ende existe poca demanda de vehículos.

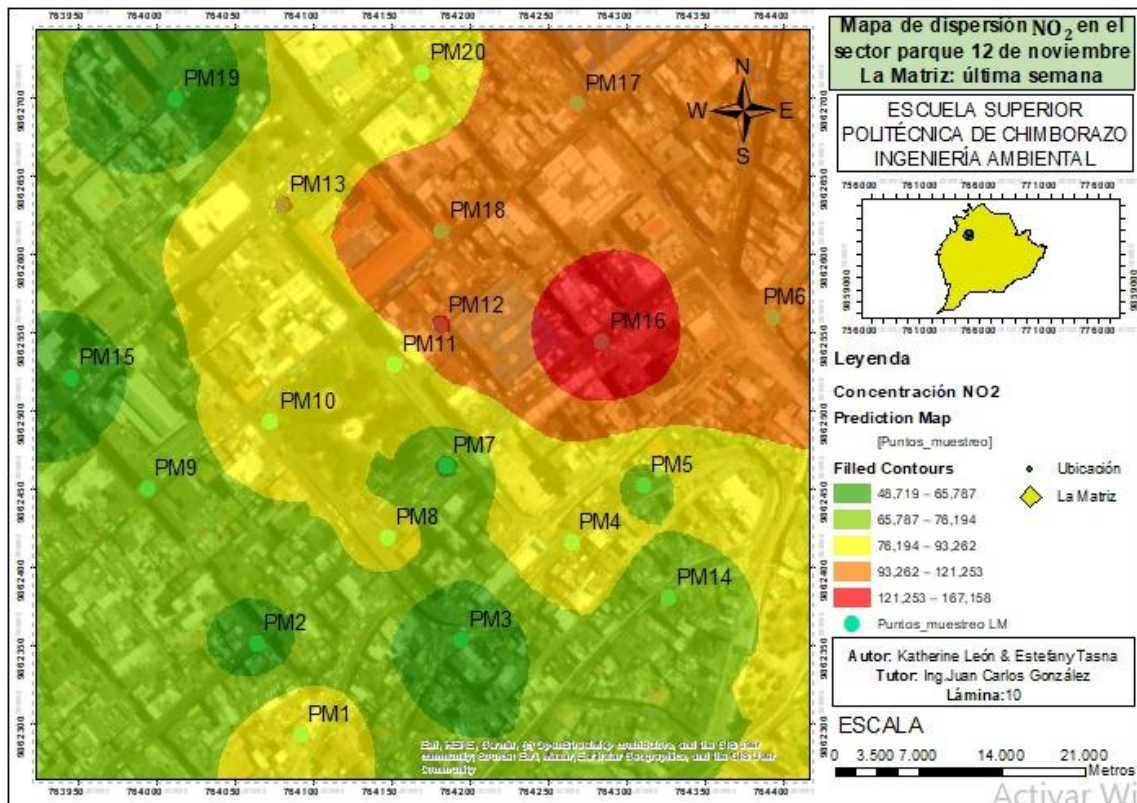


Ilustración 4-22: Mapa de dispersión de NO₂ (La Matriz) en la octava semana

Realizado por: León V.; Tasna, M., 2022

En la Ilustración 4-22 se observa las mediciones de dióxido de nitrógeno realizadas en la octava semana de monitoreo, las mismas muestran diferencias entre cada punto. El único punto con mayor nivel de contaminación es el PM16 que presenta una coloración roja que se encuentra en un rango de 121,253- 167,158 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$), esto puede ser debido a que se localiza en la zona de mayor circulación vehicular, debido a las actividades comerciales de la zona, así también se muestra a los puntos 17, 18, 12, 6 tienen una coloración naranja con un rango de 93,262-121,253 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$), es decir, la dispersión del contaminante se distribuye alrededor de los mercados, siendo sitios muy transitados por los vehículos, estas causas muestran similitud con lo descrito en el estudio de (Bermeo & Vega, 2018) donde se recalca al tráfico y la industria como fuentes para la oxidación del nitrógeno. Los puntos 19, 15, 2 y 3 tienen valores menores con un rango 48,719- 65,787 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) que presenta un color verde en el rango de la colorimetría, puede deberse a que estos sitios no presentan mayor afluencia vehicular, y la transitividad de vehículos por sitios en la semana fue tan alta ya que se ubican más apartadas a zonas comerciales.

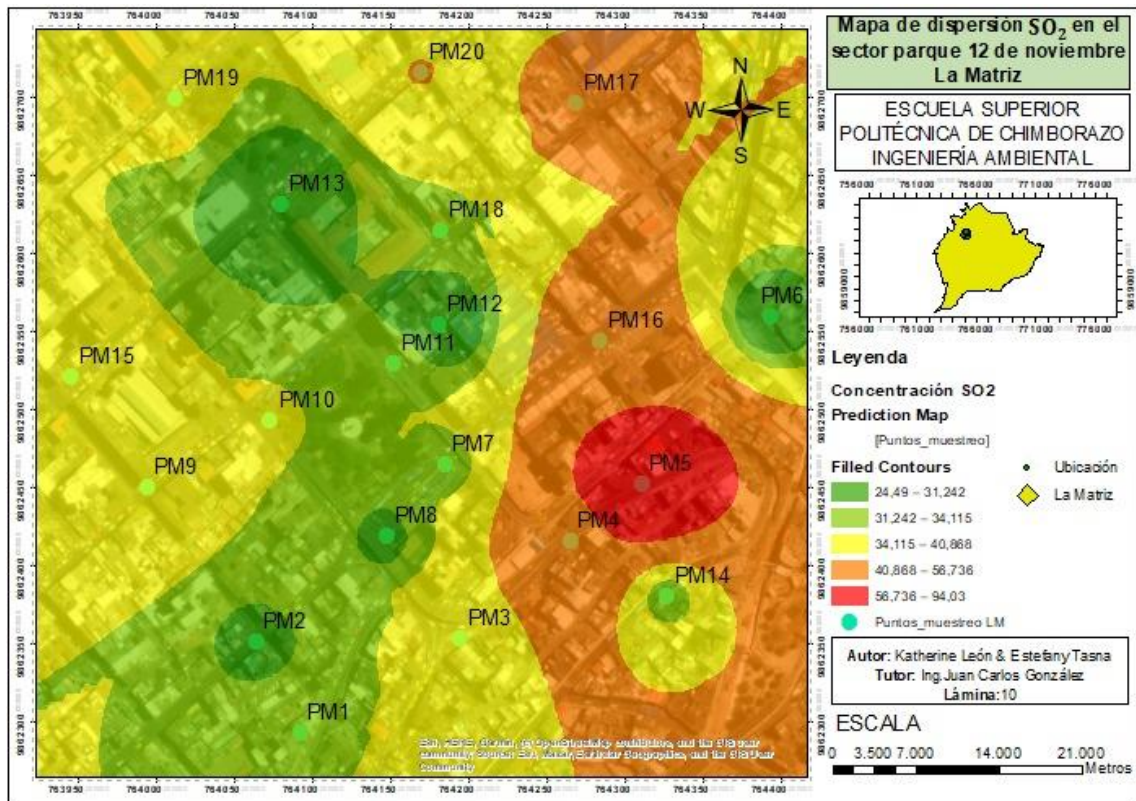


Ilustración 4-23: Mapa de dispersión de SO₂ (La Matriz)

Realizado por: León V.; Tasna, M., 2022

La Ilustración 4-23 ilustra la concentración de SO₂ en los alrededores el sector Parque 12 de Noviembre, donde se aprecia que el punto 5 presenta una concentración comprendida en un rango de 56,736-94,03 (µg/m³) que corresponde a un color rojo de la escala colorimétrica, que representa a una concentración cuantitativa alta, debido a que se encuentra en una zona de mayor tráfico vehicular tanto de buses urbanos como de automóviles, por lo que estos gases no se pueden dispersarse fácilmente ya que cuentan con grandes edificaciones, lo que provoca mayor concentración del contaminante. De acuerdo con (Olaya & Valencia, 2006) las zonas con mayor concentración está influenciado por la presencia de fuentes fijas y así también fuente móviles como el parque automor, calderas y chimeneas, siendo este punto 5 el que presenta estas características que demuestra su representatividad en sus concentraciones.

Las concentraciones bajas se visualizan en los puntos 1, 2, 3, 14, 8, 7, 10, 11, 12, 18, 19, 13 y 6 comprendidas entre un rango de 24,49 a 31,242 (µg/m³), corresponde a una coloración verde pasto de la escala calorimétrica aplicada, que indica una baja concentración de SO₂, debido a que los muestreadores se encuentran localizados en puntos alejados de fuentes de emisión de contaminantes.

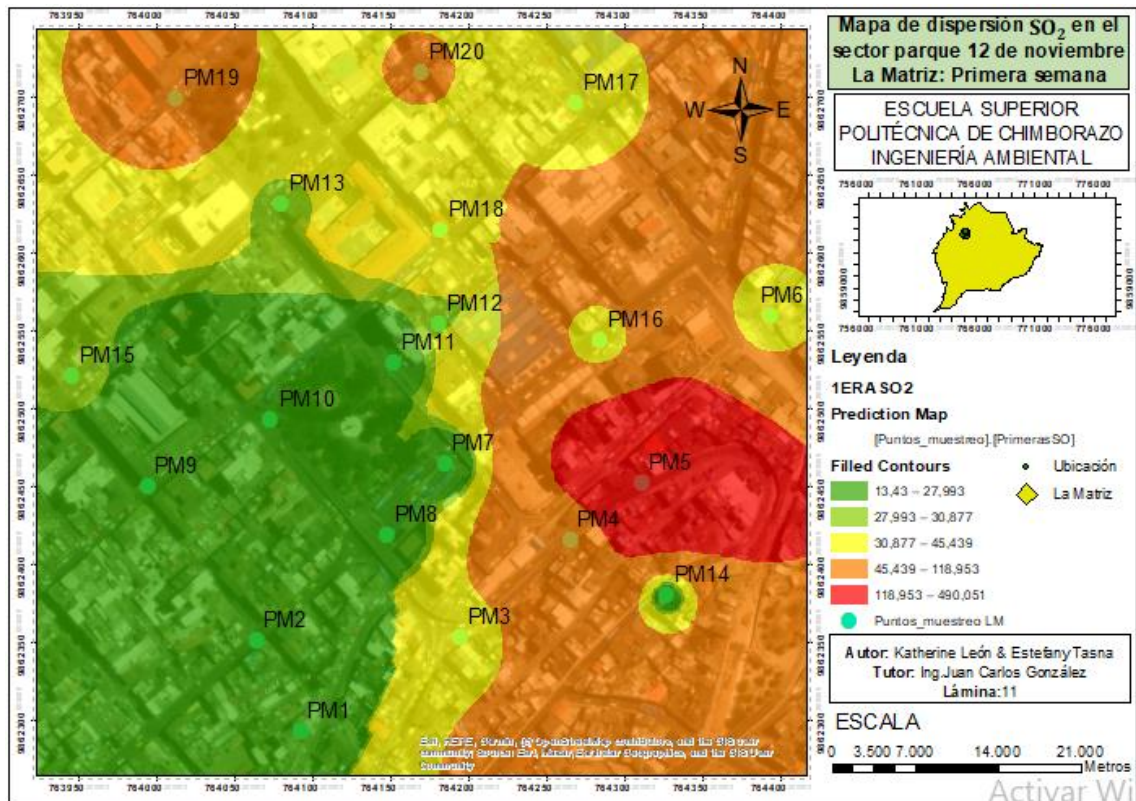


Ilustración 4-24: Mapa de dispersión de SO₂ (La Matriz) en la primera semana

Realizado por: León V.; Tasna, M., 2022

En la siguiente Ilustración 4-24 se observa las mediciones de dióxido de azufre realizadas en la primera semana de monitoreo, en cual el punto con mayor concentración es el PM5, que representa una tonalidad de color roja con concentración entre 118,95-490,051 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$), esto puede ser debido a que se encuentra en la avenida por donde se transe untan la mayoría de buses urbanos que salen e ingresan al centro de la ciudad, por ende, hay un elevado tránsito vehicular esto concuerda con lo descrito por (Bermeo & Vega, 2018) que alude que una alta concentración de SO₂ es provocado por la afluencia vehicular en el sector de estudio.

que, así también se muestra a los puntos 3,16,6,18 y 17 tienen una coloración amarillenta con un rango de 30,877-45,439 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$), la dispersión del contaminante para la mayoría de puntos se encuentra dentro de este rango, ya que estos puntos se distribuyen en sitios en donde existe un tránsito vehicular constante.

Los puntos 9, 10, 2, 1, 8, 7 y 11 tienen valores menores con un rango 13,43- 27,993 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) que presenta un color verde en el rango de la colorimetría, puede deberse a que se encuentran en zonas de poca incidencia vehicular.

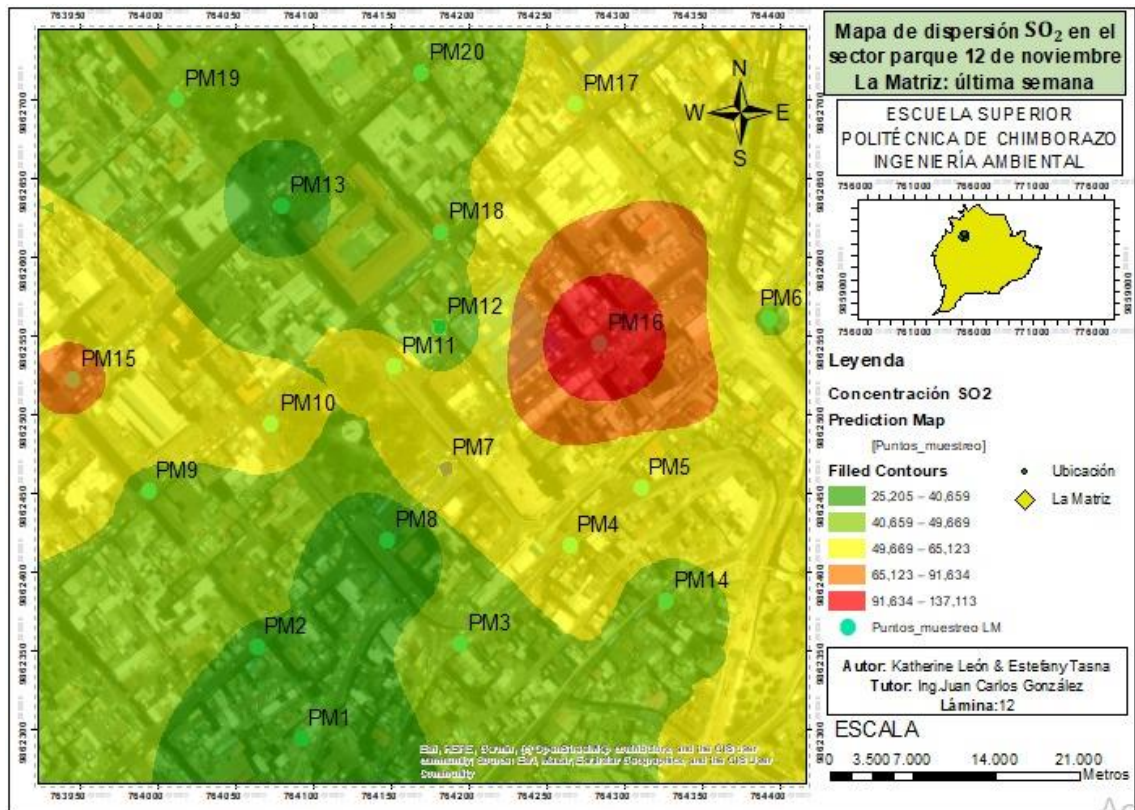


Ilustración 4-25: Mapa de dispersión de SO₂ (La Matriz) en la octava semana

Realizado por: León V.; Tasna, M., 2022

En la siguiente Ilustración 4-25 se observa las mediciones de dióxido de azufre realizadas en la octava semana de monitoreo. El punto con mayor nivel de contaminación es el PM16, que presenta una tonalidad roja dentro de la escala calorimétrica, la misma que se encuentra dentro de un rango de 91,634-137,113 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$), esto es debido a que se localiza en la zona de mayor circulación vehicular, debido a la gran actividad comercial existente, esta cualidad lo comparte en el estudio realizado por (Bermeo & Vega, 2018), en cual menciona que el mayor grado la emisión de los contaminantes hacia la atmósfera es el que se asocia con el parque automotor dentro de la ciudades, por otro lado se observan que los puntos 17, 10, 7, 4 y 5 tienen una coloración amarillenta un rango de 49,669-65,123 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$), es decir, la dispersión del contaminante se distribuye alrededor zonas en donde existe poca circulación vehicular. Los puntos 13, 12 y 8 tienen valores menores con un rango de 25,205- 40,659 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) que presenta un color verde en el rango de la colorimetría, debido a la ausencia vehicular por los puntos, ya que en estos lugares no mostraban mayor actividad económica.

4.5 Análisis estadístico

En la Tabla 4-4 representa el análisis estadístico realizado mediante la herramienta de SPSS, posterior a la recopilación de datos de la concentración de los contaminantes SO₂ y NO₂ de las dos zonas de estudio. A continuación, se presenta la siguiente tabla con los datos estadísticos a ser analizadas:

Tabla 4-4: Medidas estadísticas para los contaminantes

Parámetros	Datos descriptivos de las concentraciones de SO ₂ y NO ₂			
	SO ₂ Huachi Grande	SO ₂ La Matriz	NO ₂ Huachi Grande	NO ₂ La Matriz
Media	48,55	38,11	78,97	92,49
Mediana	39,81	34,59	837,80	88,07
Varianza	871,52	218,54	694,59	203,38
Curtosis	4,44	11,43	-1,21	-0,90
Desviación estándar	29,52	14,78	26,35	14,26
Asimetría	2,23	3,06	-0,28	0,40
Máximo	130,21	94,03	119,97	119,31
Mínimo	21,16	24,49	39,07	72,41

Realizado por: León V.; Tasna, M., 2022

A través de la estadística descriptiva analizada para los datos de las concentraciones de SO₂ de la parroquia La Matriz presenta una desviación estándar de 14,78 frente a la concentración de NO₂ con una desviación estándar de 14,26. De la misma manera en Huachi Grande las concentraciones de SO₂ tienen una desviación estándar de 871,52 en comparación a la concentración de NO₂ con un valor de 694,59. Con esto se llega a la conclusión de que en Huachi Grande presenta una mayor dispersión de los contaminantes estudiados.

En la parroquia La Matriz se puede observar que con la concentración de SO₂ se tiene una media de 38,11 frente a concentración de NO₂ que se obtiene de 92,49 mientras que en la parroquia Huachi Grande se puede observar que la concentración de SO₂ se tiene una media de 48,55 con respecto a la concentración de NO₂ de 78,97. Donde se observa que la concentración de NO₂ presenta un alto porcentaje frente a la concentración de SO₂.

Con la concentración de SO₂ en la parroquia La Matriz se observa que tenemos una varianza de 218,54 frente a 203,38 de la concentración de NO₂, mientras que en la parroquia Huachi Grande se puede observar que la concentración de SO₂ tiene una varianza de 871,52 frente a la concentración de NO₂ de 694,59. En donde podemos observar que las concentraciones de los dos contaminantes en Huachi Grande presentan una varianza mayor es decir que los datos son más dispersos.

Hipótesis:

En la tabla 12 representa el análisis de la normalidad que da a conocer la dispersión de la concentración de los contaminantes SO₂ y NO₂ de las dos zonas de estudio, así como estudios realizados por (Estrada, 2021) para el análisis de los dos contaminantes se trabajó con un intervalo de confianza del 95% con un nivel de significancia del 0,05 donde se obtuvo que los datos son normales de acuerdo de acuerdo a la prueba realizada. A continuación, planteamos las siguientes hipótesis a ser analizadas:

H₀: Los datos de la concentración de los SO₂ tienen una distribución normal.

H_a: Los datos de concentración de los SO₂ no tienen una distribución normal.

H₀: Los datos de la concentración de los NO₂ tienen una distribución normal.

H_a: Los datos de concentración de los NO₂ no tienen una distribución normal.

Tabla 4-5: Prueba de normalidad para las concentraciones de SO₂ y NO₂.

	Kolmogorov-Smirnov			Shapiro-wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig
SO ₂ La Matriz	0,222	20	0,011	0,671	20	0,001
NO ₂ La Matriz	0,175	20	0,112	0,935	20	0,191
NO ₂ Huachi Grande	0,136	20	0,2	0,925	20	0,123
SO ₂ Huachi Grande	0,338	20	0,001	0,677	20	0,001

Realizado por: León V.; Tasna, M., 2022

Decisión:

El análisis de normalidad en las concentraciones de SO₂ con suficientes pruebas estadísticas llegamos a la conclusión de rechazar la hipótesis nula (H₀) en donde el p -valor es igual a 0,001 en la parroquia La Matriz y en la parroquia Huachi Grande el V_p es igual a 0,001 que al ser comparado con un nivel de significancia de 0,05 entonces se toma la decisión de aceptar la hipótesis alterna (H_a) donde las concentraciones en los dos sitios de estudio no tienen una distribución normal.

Al analizar las concentraciones de SO₂ en la Matriz se obtiene un p-valor de 0,001 que al ser comparado con el nivel de significancia del 0,05 se procede a rechazar la hipótesis nula, aceptando así que los datos provienen de una distribución normal.

Al contar con suficientes datos estadísticos se concluye que las concentraciones de NO₂ tanto de las parroquias La Matriz como de Huachi Grande se obtiene un V_p igual a 0,191 y V_p igual a

0,123 respectivamente, que al ser comparado con un nivel de significancia de 0,005 se toma la decisión de aceptar la hipótesis nula (H_0), concluyendo de que los datos de las concentraciones de NO_2 provienen de una distribución normal, por ende se rechaza la hipótesis alterna (H_a), donde los valores de las concentraciones de NO_2 no son normales.

4.6 Medidas de prevención de la calidad de aire en las zonas de estudio

Una vez desarrollada el estudio de los contaminantes SO_2 y NO_2 en las dos parroquias La Matriz y Huachi Grande presentan concentraciones por encima de la normativa ambiental, por lo tanto, se ha visto necesario fomentar medidas que ayude a la preservación de la calidad de aire en cada uno de los sectores de estudio.

4.6.1 Medidas para mejorar la calidad de aire y prevenir su deterioro

Para la prevención y mejora de la calidad de aire deberá disponer de medidas locales en donde se incluya disposiciones políticas, sociales, técnicas y administrativas, las mismas que deberán ser implementadas gradualmente en función a las actividades nacionales.

Tabla 4-6: Medidas de prevención

Medidas	Objetivo específico	Áreas implicadas
Campaña de formación en colegios y asociaciones a impartir por personal capacitado	Lograr una formación y sensibilización ambiental en toda la población en general incluido niños/as, adolescentes y adultos mayores	Ambiente Educación Salud Consumo
Gestión de información sobre la calidad de aire para su evaluación	Modelación de los contaminantes mediante una red de monitoreo con todos los parámetros ambientales medidos.	Ambiente Informática
Mostrar la información obtenida a la ciudadanía	La ciudadanía tendrá a su disposición la información ambiental necesaria de manera sencilla y rápida de visualizar de forma gráfica la problemática ambiental existente.	Ambiente Informática Participación ciudadana
Estrategias de educación para la salud en relación con la contaminación atmosférica	Concientizar a la ciudadanía sobre la influencia sobre la salud de los seres vivos que conlleva la contaminación ambiental	Ambiente Educación Participación ciudadana Salud
Campañas de concientización dirigidas a los conductores de los vehículos, dirigentes de comunidades y demás agentes involucrados.	Concientizar a todos los agentes que se encuentran involucrados en la toma de medidas para buscar una mejor calidad de aire	Ambiente Alcaldía Movilidad Educación Participación ciudadana Salud
Elaboración de ordenanzas ambiental que regule los aspectos de la calidad del aire	A través de la normativa ambiental se pretende que la ciudadanía sea más ecoeficiente, logrando así la reducción de fuentes contaminantes atmosféricos	Ambiente
Fomentar la movilidad urbana sostenible	Implementación de un sistema público de alquiler de bicicletas para el transporte de los ciudadanos en los barrios y en las universidades	Movilidad Protección ciudadana Salud Educación Turismo Participación ciudadana
Plan de un entorno ecológico	Implementar estrategias para aumentar las plantaciones arbóreas en la ciudad.	Ambiente Mantenimiento
Elaboración del inventario de gases contaminantes	Controlar los contaminantes de todas las actividades que afectan a la calidad del aire	Ambiente
Establecer un plan de ordenación del tráfico vehicular en función a los niveles de contaminación, la zona y tipo de vehículos	Lograr la reducción adversa de una alta contaminación	Ambiente Movilidad Protección ciudadana

Realizado por: León V.; Tasna, M., 2022

CAPÍTULO V

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

- Se determinó la variabilidad de las concentraciones de SO₂ y NO₂ en los puntos de muestreo ubicados tanto en La Matriz como en Huachi Grande, indicó valores que proyectan la variación en la zona de Huachi Grande con concentraciones mayores que llegan hasta los 119,967 (µg/m³) y concentraciones menores de 39,071 (µg/m³), igualmente se evidenció en el sector del parque 12 de noviembre en la parroquia La Matriz concentraciones altas iguales a 119,314 (µg/m³) y su variación con una concentración mínima de 72,410 (µg/m³). En cuanto a las concentraciones de SO₂ en Huachi Grande llegó a valores de 130,208 (µg/m³) siendo este el más alto, y el más bajo de 21,164 (µg/m³), por el lado de La Matriz el valor de mayor concentración osciló en 94,034 (µg/m³) y la más baja concentración promedio registrado fue de 24,485 (µg/m³), por lo que se puede decir que en dichas localidades la variabilidad de los contaminantes encontradas presentó registros heterogéneos de un punto a otro dentro de las ocho semanas de muestreo.
- Se diseñó 12 mapas de dispersión de los contaminantes evaluados en base al análisis de datos en los sectores de 12 de noviembre (La Matriz) y a la entrada al paso lateral de Huachi Grande, en donde se demuestran que para el sector de Huachi Grande los contaminantes se distribuyen al tramo de la ruta Panamericana que atraviesa a la parroquia, siendo esta la zona más transitada por vehículos de carga pesada que ingresan y transporta diferentes productos como agrícolas y de materias primas generados dentro de la provincia hacia otras provincias del país. En cuanto a la zona ubicada en la parroquia La Matriz, se observó que las dispersiones de estos contaminantes se concentran en las avenidas y en las zonas donde se desarrolla mayor actividad comercial, por ende, se puede mencionar que flujo vehicular influye en gran medida a la dispersión de estos contaminantes en dicha zona.
- Se estableció medidas de preservación de la calidad del aire en las zonas de estudio, en bases a las concentraciones obtenidas durante las ocho semanas de muestreo, en comparación con la normativa establecida de la calidad del aire, por lo tanto se ve necesario establecer medidas que permitan preservar la calidad del aire en los sectores de estudio, mediante la aplicación de estrategias que fomente un orden local, que garantice la calidad de vida por medio de la implementación de disposiciones administrativas, sociales y

técnicas, basadas hacia la preservación de los recursos naturales y el medio ambiente para las futuras generaciones.

5.2 **Recomendaciones**

- Plantear un tiempo de monitoreo superior a los dos meses para obtener una base de dato amplios que permita establecer una relación a profundidad de la presencia de los contaminantes en cada uno de los sitios de estudio.
- Establecer mayores puntos de muestreo que ayude a obtener mayor información de la dispersión de los contaminantes atmosféricos en la zona de estudio.
- Incorporar señalética de precaución y cuidado en cada punto de monitoreo para evitar que estos sean destruidos, así mismo comunicar a las autoridades de la zona de estudio sobre la ejecución del trabajo a fin de evitar falsas alarma de seguridad en la comunidad.
- Establecer estrategias de mitigación y control ambiental en zonas de mayor incidencia de contaminantes atmosféricos.
- Se sugiere tomar en cuentas las recomendaciones indicadas en el presente estudio para la realización de futuras investigaciones

GLOSARIO

- **Absorbancia:** Cantidad de luz absorbida que se mide por la solución elaborada. La absorbancia es medida mediante un colorímetro o un espectrofotómetro, mientras que los valores miden las concentraciones de los contaminantes en el ambiente (Díaz et al., 2015).
- **Disoluciones:** Es una mezcla homogénea conformada por dos o más sustancias que no tienen reacción química entre sí y están mezcladas de manera proporcional, pero difieren en su concentración. Expresada como una cantidad de soluto presente en una cantidad de solvente (Rodríguez Alzamorra, 2017).
- **Georreferenciación:** Consiste en el uso de coordenadas de mapa para la identificación de puntos del espacio. Las coordenadas vienen a ser un documento universal de identidad de cada punto en el espacio (Geodesia, 2019).
- **Muestreo Aleatorio:** Es una técnica en la cual se considera aquellos elementos que forman un todo, tomando una muestra representativa de la población a manera de sorteo, por ende, cualquier elemento va tener la misma posibilidad de ser seleccionado (Porrás Velázquez, 2017).
- **Solución Patrón:** Se denomina disolución patrón de una concentración conocida utilizada como referencia al momento de hacer una valoración o estandarización en función de la concentración del analito correspondiente denominada curva de calibración (Camacho, 2017).
- **Desviación estándar:** Es la raíz cuadrada de la varianza de una población representativa. Tiene importancia en la inferencia clásica, es decir en el estudio de la distribución normal (Espejo, 2017).
- **Colorimetría:** Es la ciencia que se basa en el estudio donde se mide el color lo cual genera estrategias para cuantificar el color mediante una escala con valor numéricos (Mendoza, 2017).
- **Espectrofotómetro:** Es una manera de medir el color, la cual se lleva a cabo por la medición de radiaciones electromagnéticas que son absorbidas por el material en función de la longitud de onda (García, 2018).

BIBLIOGRAFÍA

ATSDR. *ÓXIDOS DE NITRÓGENO (monóxido de nitrógeno, dióxido de nitrógeno, etc.)* [En Línea]. División de Toxicología ToxFAQs™. [Consulta: 20 diciembre 2022]. Disponible en: https://www.atsdr.cdc.gov/es/toxfaqs/es_tfacts175.html#:~:text=Los%20%C3%B3xidos%20de%20nitr%C3%B3geno%20son,en%20apariciencia%20a%20temperatura%20ambiente.

BERMEO, J., & VEGA, D. *Evaluación de contaminantes atmosféricos en los principales mercados de la ciudad de Riobamba.* 2018 [Consulta: 18 noviembre 2022]. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/8948>

BORGE, R.; et al. *Experimental Campaign in a Heavily Trafficked Roundabout in Madrid for the Assessment of Air Quality Monitoring Station Representativeness in Terms of Population Exposure to NO₂.* Healthy Polis Workshop, Madrid, 2015. [Consulta: 03 octubre 2022]. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/315078458_Experimental_Campaign_in_a_Heavily_Trafficked_Roundabout_in_Madrid_for_the_Assessment_of_Air_Quality_Monitoring_Station_Representativeness_in_Terms_of_Population_Exposure_to_NO2

BURGOS, C. L. *Diseño de la primera red permanente de monitoreo de la calidad del aire en la ciudad de Ambato.* 2015 [Consulta: 21 febrero 2023] Disponible en: <http://repositorio.espe.edu.ec/handle/21000/13007>

CAMACHO, A. *¿En Qué Consiste La Solución Estándar?* [En Línea]. Analitek. 2017 [Consulta: 11 diciembre 2022]. Disponible en: <https://blog.analitek.com/soluci%C3%B3n-estandar-0-1>

CARANQUI, P. R. *Diseño de la red de monitoreo pasivo de calidad de aire para la zona urbana del cantón ambato.* [Pontificia Universidad Católica del Ecuador]. 2015 Trabajo de Titulación. [Consulta: 9 noviembre 2022]. Disponible en: <http://repositorio.puce.edu.ec/bitstream/handle/22000/16186/dise%C3%91o%20de%20la%20red%20de%20monitoreo%20pasivo%20de%20calidad%20de%20aire%20para%20la%20zona%20urbana%20del%20cant%C3%93n%20ambtao.pdf?sequence=1&isallowed=y>

CHUQUIMIA, I. F. *Bases jurídicas y técnicas para la regulación de la emisión de gases generados por el transporte público en el alto.* 2010 [Consulta: 2 octubre 2022]. Disponible en:

<https://repositorio.umsa.bo/xmlui/bitstream/handle/123456789/20580/TD-3292.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

CIFUENTES, C. A. *Validación del método para medir gases contaminantes (so₂, no₂ y o₃) mediante captadores pasivos, incluyendo un análisis microbiológico de la calidad del aire, en una fábrica industrial* [Trabajo de Titulación, ESPE], 2014. En línea. [Consulta: 20 febrero 2023]. Disponible en: <http://repositorio.espe.edu.ec/handle/21000/9037>

CORRAL, J. G. *Monitoreo y análisis de la calidad del aire en la vía CUENCA - SAYAUSÍ - EL CAJAS*. 167. 2017 Trabajo de titulación.

ESTRADA, M. V. E. *Evaluación de la concentración de contaminantes atmosféricos en el sector del By Pass de la ciudad de Riobamba* [Proyecto Técnico, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo], 2021. Trabajo de Titulación. Disponible en: <http://dspace.espech.edu.ec/handle/123456789/14616>

FAO. *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.* (p. 10) [Acuerdo Ministerial No. 097-A]. Ministerio del Ambiente, 2015. [Consulta: 27 diciembre 2022]. Disponible en: <https://www.fao.org/faolex/results/details/es/c/LEX-FAOC155133/>

FREIRE, S. P. *Determinación de la eficiencia de la estación de monitoreo de calidad del aire del GAD municipalidad de Ambato mediante los contaminantes dióxido de nitrógeno y ozono* [proyecto técnico], 2017. Trabajo de Titulación. [Consulta: 6 Marzo 2023]. Disponible en: <http://dspace.espech.edu.ec/bitstream/123456789/8541/1/236T0321.pdf>

GARCÍA, R. D. Instrumentos que revolucionaron la química: La historia del espectrofotómetro. *Avances en Química*, 2018, 13(3), 79-82. Geodesia, S. de R. (2019). *Georreferenciación*. 1.

GONZÁLEZ, T. *Determinación de la calidad del aire en la universidad libre seccional Bogotá sede bosque popular.* [Proyecto técnico, universidad libre]. Trabajo de Grado 2015. [Consulta: 20 noviembre 2022]. Disponible en: <https://repository.unilibre.edu.co/bitstream/handle/10901/7951/Proyecto%20Calidad%20del%20Aire%20U%20Libre%20%281%29%20%281%29.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* [Trabajo de Titulación, Universidad Central “Marta Abreu” de las Villas], 2010. En línea. [Consulta: 1 Diciembre 2022]. Disponible en: <http://dspace.uclv.edu.cu/handle/123456789/1804>

HERNÁNDEZ S., R., & FERNÁNDEZ C., C. *Metodología de la investigación* (P. Baptista Lucio, Ed.; Sexta edición). McGraw-Hill Education, 2014. [Consulta: 20 marzo 2023]. Disponible en: <https://www.uca.ac.cr/wp-content/uploads/2017/10/Investigacion.pdf>

IBARLUCÍA, D. G. *Determinación del NO₂ (Dióxido de Nitrógeno) atmosférico en la ciudad de Tandil mediante muestreadores pasivos y una técnica espectrofotométrica* [Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires], 2017. [Consulta: 19 diciembre 2022]. Disponible en: <https://ridaa.unicen.edu.ar:8443/server/api/core/bitstreams/8ac1af56-79ac-4db1-b9e8-f43d27d5779a/content>

INE. *Manual 1. Principios de Medición de la Calidad del Aire* [En Línea], 2011. [Consulta: 10 diciembre 2022]. Disponible en: <https://sinaica.inecc.gob.mx/archivo/guias/1-%20Principios%20de%20Medici%C3%B3n%20de%20la%20Calidad%20del%20Aire.pdf>

JARVIS, D.; et al. *Nitrogen dioxide* [En Línea]. WHO Guidelines for Indoor Air Quality: Selected Pollutants, 2010. [Consulta: 6 noviembre 2022]. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK138707/>

JAIN, R.; et al. *Chapter 4—Environmental Impacts of Mining*. 53, 2016. [Consulta: 11 diciembre 2022]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-804040-9.00004-8>.

MANRIQUE, A. M., & OSSA, D. M. *Validación de los métodos espectrofotométricos para la determinación de SO_x y NO_x en muestras de aire* [Universidad Tecnológica de Pereira]. Trabajo de grado, 2010. [Consulta: 2 Agosto 2022]. Disponible en: <https://core.ac.uk/download/pdf/71396134.pdf>

MAYORGA, C.; et al. Percepciones acerca de la contaminación del aire generada por el transporte urbano en Ambato, Ecuador. *14/05/2020, 41(17)*, 11.

MINISTERIO DEL AMBIENTE. *Plan Nacional de Calidad del Aire*, 2010 [Consulta: 12 enero 2023]. Disponible en: <https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2012/10/libro-calidad-aire-1-final.pdf>

MINISTERIO DEL AMBIENTE. (2011). *ACUERDO MINISTERIAL No.50*. [Consulta: 6 noviembre 2022], 2011. Disponible en: <https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2012/10/Auerdo-50-NCA.pdf>

OLAYA, L. & VALENCIA, M. Delimitación de áreas de isocontaminación atmosférica en el campus de la universidad nacional de Colombia mediante el análisis de bioindicadores (líquenes epifitos). *Acta biol.Colomb*, 11(2), 82-102, 2006. En línea.

PARDO, M. A. *Determinación de la concentración de NOx a la que se encuentran expuestas las personas que frecuentan el sector del Terminal Terrestre – Latacunga*. Trabajo de titulación, 2019. [Consulta: 25 enero 2023]. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/11128>

PAREJA, A.; et al. *Inventario de Emisiones Atmosféricas Contaminantes de la Ciudad de Cochabamba, Bolivia, año 2008*. 5(3), 344-374.

PERIAGO, J. *Determinación de nitritos en productos cárnicos* [En Línea]. Higiene, Inspección y Control Alimentario, 2008. [Consulta: 3 marzo 2023]. Disponible en: <https://www.um.es/documents/4874468/10812050/protocolos-control-de-calidad-carnicos.pdf>

PUCHA, F.; et al. *Fundamentals of GIS*. En *Fundamentals of GIS* (p. 5), 2016. Ediloja Cia. Ltda. [Consulta: 16 noviembre 2022]. Disponible en: <https://engineering.futureuniversity.com/BOOKS%20FOR%20IT/Fundamentals%20of%20GIS.pdf>

QUEROL CUMBRERA, F. *Contaminación del aire urbano: Riesgos y alternativas* (OECD Development Centre Working Papers N.º 333; OECD Development Centre Working Papers, Vol. 333), 2016. Documento de Análisis. [Consulta: 13 diciembre 2022]. Disponible en: <https://doi.org/10.1787/5jlqzq77x6f8-en>

RODRÍGUEZ ALZAMORRA, R. *Fundamentos de química general: Disoluciones, propiedades coligativas y gases ideales*, 2017.

ROMERO, Diego & ÁLVAREZ, M. *La contaminación del aire: Su repercusión como problema de salud.* 44(2), 14, 2016.

TAPIA, C. I. “*Diseño de una propuesta de red de calidad del aire para el cantón Ambato, provincia de Tungurahua*”. [Universidad Nacional de Chimborazo], 2019. [Consulta: 28 octubre 2022]. Disponible en: <http://dspace.unach.edu.ec/handle/51000/5588>

VEGA, M., & ANDI, J. G. *Determinación y caracterización de concentraciones de material particulado sedimentable y volátil en el sector Calpi cantón Riobamba por incidencia industrial.* 77. Trabajo de Titulación, 2019.

VILLAFUERTE, P. E. C. *Estudio de so2 y no2 empleando muestreo pasivo en la zona industrial de vía a la costa - guayaquil* [proyectos técnicos], 2017. [Consulta: 6 febrero 2022]. Trabajo de Titulación. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/7853/1/236T0287.pdf>

WORLD HEALTH ORGANIZATION. *WHO global air quality guidelines. Particulate matter (PM2.5 and PM10), ozone, nitrogen dioxide, sulfur dioxide and carbon monoxide.* 2021 [Consulta: 24 febrero 2023]. Disponible en: <https://www.who.int/publications/i/item/9789240034228>



ANEXOS

ANEXO A: SITUACIÓN DE LA PARROQUIA LA MATRIZ



Afluencia vehicular en las paradas de buses urbanos

ANEXO B: SITUACIÓN DE LA PARROQUIA LA HUACHI GRANDE

Comerciantes ambulantes en la parada de buses



Afluencia vehicular en las paradas de buses urbanas



ANEXO C: COLOCACIÓN DE MUESTREADORES PASIVOS EN LAS ZONAS DE ESTUDIO



Colocación de las estructuras de protección para los tubos muestreadores



Colocación de muestreadores pasivos en las zonas de estudio

ANEXO D: PREPARACIÓN DE SOLUCIONES CAPTADORAS Y ANÁLISIS DE CAPTADORES PASIVOS EN LOS LABORATORIOS.



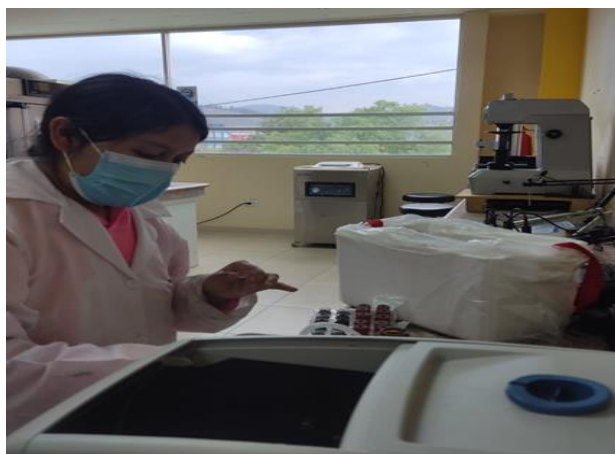
Pesaje de reactivos para la preparación de soluciones captadoras



Aforación de reactivos para la preparación de soluciones captadoras



Preparación de las soluciones para la curva de calibración de NO_2



Medición de las absorbancias de las muestras recolectadas en el estudio

ANEXO E: ABSORBANCIAS OBTENIDAS

EVALUACIÓN DE NO_2 EMPLEANDO MUESTREO PASIVO EN HUACHI GRANDE DE LA CIUDAD DE AMBATO								
A B S O R B A N C I A S								
PUNTO	OCTUBRE 2022- DICIEMBRE 2022							
	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8
1	0,242	0,24	0,416	0,270	0,181	0,178	0,191	0,151
2	0,118	0,187	0,419	0,198	0,174	0,289	0,184	0,177
3	0,142	0,257	0,422	0,249	0,199	0,294	0,161	0,172
4	0,124	0,345	0,411	0,252	0,294	0,226	0,246	0,284
5	0,072	0,19	0,120	0,254	0,164	0,170	0,215	0,250
6	0,056	0,213	0,486	0,266	0,153	0,222	0,167	0,194
7	0,081	0,108	0,359	0,219	0,090	0,205	0,195	0,163
8	0,111	0,210	0,419	0,215	0,156	0,166	0,182	0,195
9	0,069	0,075	0,109	0,162	0,103	0,177	0,201	0,264
10	0,081	0,157	0,354	0,091	0,105	0,089	0,097	0,102
11	0,056	0,221	0,411	0,175	0,195	0,186	0,126	0,143
12	0,134	0,321	0,404	0,268	0,229	0,250	0,203	0,205
13	0,125	0,220	0,367	0,179	0,178	0,186	0,289	0,269
14	0,103	0,173	0,340	0,217	0,163	0,278	0,2	0,259
15	0,046	0,089	0,107	0,178	0,121	0,133	0,131	0,174
16	0,029	0,020	0,162	0,053	0,085	0,086	0,091	0,097
17	0,128	0,122	0,111	0,180	0,178	0,188	0,176	0,121
18	0,064	0,069	0,093	0,100	0,095	0,081	0,092	0,101
19	0,059	0,056	0,170	0,098	0,084	0,055	0,080	0,114
20	0,054	0,068	0,198	0,088	0,063	0,054	0,068	0,104

EVALUACIÓN DE NO₂ EMPLEANDO MUESTREO PASIVO EN LA MATRIZ DE LA CIUDAD DE AMBATO

A B S O R B A N C I A S

PUNTO	OCTUBRE 2022- DICIEMBRE 2022							
	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8
1	0,104	0,115	0,348	0,155	0,107	0,115	0,106	0,197
2	0,07	0,108	0,396	0,180	0,183	0,187	0,162	0,138
3	0,136	0,19	0,421	0,164	0,178	0,127	0,187	0,114
4	0,172	0,209	0,382	0,214	0,224	0,215	0,196	0,192
5	0,18	0,227	0,386	0,34	0,184	0,175	0,207	0,164
6	0,165	0,404	0,411	0,171	0,151	0,276	0,283	0,231
7	0,140	0,402	0,388	0,248	0,177	0,179	0,169	0,145
8	0,157	0,313	0,417	0,189	0,183	0,169	0,133	0,179
9	0,191	0,173	0,372	0,207	0,108	0,154	0,152	0,149
10	0,097	0,151	0,209	0,130	0,153	0,119	0,147	0,191
11	0,089	0,196	0,304	0,171	0,111	0,168	0,189	0,160
12	0,083	0,145	0,355	0,153	0,152	0,136	0,146	0,281
13	0,081	0,211	0,339	0,149	0,145	0,136	0,200	0,212
14	0,067	0,160	0,337	0,157	0,198	0,185	0,156	0,15
15	0,071	0,117	0,354	0,167	0,202	0,118	0,141	0,135
16	0,137	0,308	0,402	0,263	0,146	0,210	0,214	0,381
17	0,276	0,407	0,353	0,174	0,181	0,157	0,164	0,249
18	0,160	0,238	0,230	0,155	0,212	0,210	0,259	0,220
19	0,093	0,117	0,312	0,149	0,118	0,173	0,114	0,109
20	0,089	0,110	0,384	0,137	0,122	0,133	0,128	0,193

EVALUACIÓN DE SO₂ EMPLEANDO MUESTREO PASIVO EN LA MATRIZ DE LA CIUDAD DE AMBATO

A B S O R B A N C I A S

PUNTO	OCTUBRE 2022- DICIEMBRE 2022							
	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8
1	0,059	0,076	0,054	0,049	0,109	0,091	0,079	0,064
2	0,038	0,120	0,053	0,027	0,058	0,087	0,053	0,090
3	0,08	0,056	0,068	0,034	0,070	0,077	0,170	0,096
4	0,077	0,140	0,103	0,076	0,011	0,041	0,320	0,117
5	1,124	0,041	0,196	0,044	0,046	0,029	0,109	0,117
6	0,068	0,013	0,066	0,047	0,019	0,085	0,072	0,109
7	0,034	0,093	0,054	0,027	0,033	0,090	0,092	0,148
8	0,036	0,125	0,089	0,036	0,012	0,078	0,102	0,055
9	0,028	0,256	0,035	0,043	0,032	0,091	0,102	0,110
10	0,035	0,226	0,075	0,035	0,011	0,065	0,054	0,118
11	0,043	0,135	0,063	0,036	0,079	0,079	0,056	0,116
12	0,067	0,052	0,037	0,053	0,022	0,033	0,074	0,089
13	0,065	0,044	0,028	0,026	0,051	0,081	0,059	0,077
14	0,046	0,113	0,022	0,092	0,041	0,068	0,072	0,102
15	0,066	0,069	0,097	0,054	0,014	0,071	0,165	0,155
16	0,073	0,041	0,021	0,083	0,062	0,065	0,186	0,312
17	0,077	0,083	0,122	0,109	0,083	0,100	0,102	0,112
18	0,098	0,069	0,128	0,024	0,039	0,042	0,086	0,105
19	0,133	0,075	0,031	0,022	0,093	0,089	0,095	0,098
20	0,107	0,178	0,098	0,030	0,072	0,066	0,089	0,092

EVALUACIÓN DE SO₂ EMPLEANDO MUESTREO PASIVO EN LA MATRIZ DE LA CIUDAD DE AMBATO

A B S O R B A N C I A S

PUNTO	OCTUBRE 2022- DICIEMBRE 2022							
	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8
1	0,113	0,039	0,061	0,109	0,051	0,049	0,107	0,111
2	0,114	0,016	0,086	0,114	0,071	0,039	0,040	0,132
3	0,283	0,014	0,107	0,082	0,218	0,018	0,109	0,137
4	0,085	0,013	0,122	0,069	0,095	0,064	0,103	0,188
5	0,091	0,018	0,056	0,066	0,156	0,062	0,102	0,127
6	0,120	0,043	0,098	0,051	0,094	0,037	0,090	0,177
7	0,102	0,020	0,056	0,054	0,075	0,044	0,105	0,136
8	0,099	0,032	0,101	0,172	0,026	0,037	0,130	0,110
9	0,098	0,037	0,082	0,107	0,068	0,032	0,082	0,166
10	0,087	0,001	0,210	0,104	0,078	0,014	0,102	0,129
11	0,090	0,120	0,229	0,154	0,191	0,031	0,223	0,207
12	1,157	0,103	0,044	0,231	0,153	0,095	0,258	0,330
13	1,159	0,109	0,061	0,285	0,137	0,035	0,256	0,271
14	0,056	0,105	0,177	0,117	0,294	0,049	0,079	0,202
15	0,013	0,039	0,102	0,032	0,224	0,032	0,053	0,036
16	0,023	0,104	0,134	0,024	0,094	0,057	0,017	0,020
17	0,040	0,028	0,081	0,099	0,242	0,031	0,103	0,102
18	0,051	0,071	0,102	0,035	0,118	0,030	0,037	0,045
19	0,034	0,042	0,012	0,022	0,122	0,034	0,040	0,060
20	0,098	0,098	0,164	0,030	0,181	0,082	0,038	0,058

ANEXO F: AUTORIZACIÓN DE USO DE POSTES DEL ALUMBRADO PÚBLICO



45090/2022

MEMORANDO No. DIST-AP-0860-2022


PARA: PRESIDENCIA EJECUTIVA
DE: JEFE ÁREA ALUMBRADO PÚBLICO
ASUNTO: B.4. AUTORIZACIÓN DE USO DE POSTES PROPIEDAD DE LA EEASA PARA LA INSTALACIÓN DE PUNTOS DE MONITOREO BIOLÓGICOS EN EL SECTOR DEL PARQUE 12 DE NOVIEMBRE DE LA CIUDAD DE AMBATO Y EN EL SECTOR DE LA PARROQUIA HUACHI GRANDE
FECHA: Noviembre 14, 2022

En atención al trámite 42989/2022 presentado por las Srtas. María Estefany Tasna Pilamunga y Vanessa Katherine León Gualán, tesistas de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, solicitando la autorización para la instalación de PUNTOS DE MONITOREO BIOLÓGICOS en postes propiedad de la Empresa Eléctrica Ambato Regional Centro Norte S.A; para la evaluación de la calidad del aire en el sector del Parque 12 de Noviembre de la ciudad de Ambato y en el sector de la Parroquia Huachi Grande; al respecto me permito indicar:

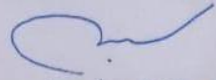
En dicho sector de acuerdo a la inspección realizada se tienen postes plásticos utilizados para el sistema de alumbrado público y postes de hormigón con redes eléctricas de medio y bajo voltaje; todos los postes cuentan con el espacio suficiente para la instalación de los puntos de monitoreo; adicional por la altura a la cual serán instalados dichos equipos no interfieren con la red eléctrica; quedando prohibido la colocación de letreros o avisos que dificulten las labores de mantenimiento eléctrico en los postes propiedad de la EEASA. Además, una vez terminado las actividades de evaluación deberá retirar toda la infraestructura instalada para el monitoreo.

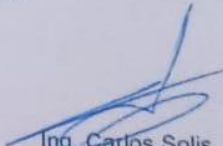
Por lo indicado, me permito solicitar se autorice el uso de postes propiedad de la EEASA para la instalación de puntos de monitoreo, los mismos que han sido desarrollados por las Srtas. María Estefany Tasna Pilamunga y Vanessa Katherine León Gualán para el cumplimiento de su trabajo de titulación, enfatizando que la EEASA no se responsabiliza por daños provocados por terceros en la infraestructura instalada.

Atentamente,


Ing. Kleber Sailema
JEFE ÁREA ALUMBRADO PÚBLICO

Visto Bueno


Ing. Ángel Silva
JEFE SECCIÓN ALUMBRADO PÚBLICO


Ing. Carlos Solis
DIRECTOR DISTRIBUCIÓN (E)



epoch

Dirección de Bibliotecas y
Recursos del Aprendizaje

UNIDAD DE PROCESOS TÉCNICOS Y ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO Y
DOCUMENTAL

REVISIÓN DE NORMAS TÉCNICAS, RESUMEN Y BIBLIOGRAFÍA

Fecha de entrega: 07 / 08 / 2023

INFORMACIÓN DEL AUTOR/A (S)
Nombres – Apellidos: Vanessa Katherine León Gualán María Estefany Tasna Pilamunga
INFORMACIÓN INSTITUCIONAL
Facultad: Ciencias
Carrera: Ingeniería Ambiental
Título a optar: Ingeniera Ambiental
f. Analista de Biblioteca responsable: Ing. Rafael Inty Salto Hidalgo



1480-DBRA-UPT-2023