



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

**EVALUACIÓN DE SO<sub>2</sub> Y NO<sub>2</sub> EMPLEANDO MUESTREO PASIVO  
EN EL MERCADO MAYORISTA DE LA CIUDAD DE AMBATO**

**Trabajo de Titulación**

Tipo: Proyecto Técnico

Presentado para optar al grado académico de:

**INGENIERA EN BIOTECNOLOGIA AMBIENTAL**

**AUTORA: CYNTHIA ELISA MANOTOA VILLARES**

**DIRECTORA: Dra. LOURDES CUMANDÁ CARRERA BELTRÁN, MSt.**

Riobamba – Ecuador

2022

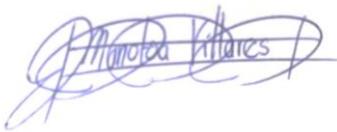
**©2022, Cynthia Elisa Manotoa Villares**

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

Yo, CYNTHIA ELISA MANOTOA VILLARES, declaro que el presente Trabajo de Titulación es de mi autoría y los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

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

Riobamba, 27 de julio de 2022




**Cynthia Elisa Manotoa Villares**

**C.I. 1805348297**

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

El Tribunal del Trabajo de Titulación certifica que: El Trabajo de Titulación, Tipo: Proyecto Técnico, **EVALUACIÓN DE SO<sub>2</sub> Y NO<sub>2</sub> EMPLEANDO MUESTREO PASIVO EN EL MERCADO MAYORISTA DE LA CIUDAD DE AMBATO**, realizado por la señorita: **CYNTHIA ELISA MANOTOA VILLARES**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del Trabajo de Titulación, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal autoriza su presentación.

	<b>FIRMA</b>	<b>FECHA</b>
Dra. Jaqueline Elizabeth Balseca Castro, Mgs. <b>PRESIDENTA DEL TRIBUNAL</b>		2022-07-27
Dra. Lourdes Cumandá Carrera Beltrán, MSt. <b>DIRECTORA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN</b>		2022-07-27
Ing. Juan Carlos González García, Ph.D. <b>MIEMBRO DEL TRIBUNAL</b>		2022-07-27

## **DEDICATORIA**

A mi Madre Rosa Ana Villares, que desde el cielo me guía para que pueda seguir con mis proyectos, y a mi Padre Segundo Manotoa, pues gracias a su apoyo y esfuerzo pude cumplir esta meta, siempre han sido mi motivación de vida y mi ejemplo de lucha para salir adelante.

*Cynthia*

## **AGRADECIMIENTO**

A la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo por permitirme formar como persona brindándome una educación de calidad durante este tiempo.

Al la Dra. Cumandá Carrera Beltrán y al Ing. Juan González García, por brindarme todo su apoyo, generosidad, y conocimientos que fueron necesarios para el desarrollo de mi Trabajo de Titulación.

A mis padres, hermanas, hermano, sobrinos, cuñados y familia, por brindarme su apoyo incondicional.

A mis amigos, por ser mis confidentes y hacer más llevadera la etapa universitaria, gracias por apoyarme en cada paso de mi vida.

*Cynthia*

## TABLA DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	ix
ÍNDICE DE FIGURAS.....	x
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	xi
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xiii
ÍNDICE DE ABREVIATURAS.....	xiv

### CAPÍTULO I

1. DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA.....	3
1.1. Antecedentes.....	3

### CAPÍTULO II

2. REVISIÓN DE LA LITERATURA O FUNDAMENTOS TEÓRICOS.....	6
2.1. Atmósfera.....	6
2.1.1. <i>Capas de la atmósfera</i> .....	6
2.1.1.1. Tropósfera.....	6
2.1.1.2. Estratósfera.....	7
2.1.1.3. Ionósfera.....	7
2.2. Tiempo meteorológico y clima.....	7
2.2.1. <i>Temperatura</i> .....	8
2.2.1.1. Inversión de la temperatura.....	8
2.3. Contaminación atmosférica.....	8
2.3.1. <i>Clasificación según la procedencia del contaminante atmosférico</i> .....	9
2.3.2. <i>Clasificación según el origen del contaminante atmosférico</i> .....	10
2.4. Calidad del aire.....	10
2.5. Dióxido de azufre.....	11
2.5.1. <i>Impacto al estar expuesto al SO<sub>2</sub></i> .....	12
2.5.1.1. <i>Características de enfriamiento causado por SO<sub>2</sub></i> .....	12
2.6. Dióxido de nitrógeno.....	12
2.6.1. <i>Impactos al estar expuesto al NO<sub>2</sub></i> .....	14
2.7. Normativa Ecuatoriana.....	14
2.8. Muestreo atmosférico.....	15

2.9.	Muestreo pasivo .....	15
2.10.	Factores ambientales .....	16
2.10.1.	<i>Temperatura y presión</i> .....	16
2.10.2.	<i>Precipitaciones</i> .....	16
2.10.3.	<i>Humedad</i> .....	16
2.10.4.	<i>Velocidad y dirección del viento</i> .....	16
2.11.	ArcMap.....	17
2.12.	SPSS .....	17

### CAPÍTULO III

3.	MARCO METODOLÓGICO .....	18
3.1.	Tipo de investigación .....	18
3.2.	Diseño de la investigación .....	18
3.2.1.	<i>Localización del proyecto</i> .....	18
3.2.2.	<i>Población de estudio, tamaño de la muestra y/o método de muestreo</i> .....	19
3.2.3.	<i>Técnica de recolección de datos</i> .....	20
3.2.4.	<i>Metodología para la recolección de concentración de SO<sub>2</sub> y NO<sub>2</sub> en el ambiente</i> ...	21
3.2.4.1.	<i>Preparación de soluciones captadoras para SO<sub>2</sub> y NO<sub>2</sub></i> .....	21
3.2.4.2.	<i>Colocación y exposición de muestreadores pasivos</i> .....	21
3.2.4.3.	<i>Análisis de muestreadores pasivos</i> .....	24
3.2.5.	<i>Cálculos de concentración de SO<sub>2</sub></i> .....	25
3.2.6.	<i>Cálculos de concentración de NO<sub>2</sub></i> .....	27
3.2.7.	<i>Corrección de datos de concentración obtenidas de SO<sub>2</sub> y NO<sub>2</sub></i> .....	29
3.3.	Mapas Temáticos .....	30
3.4.	SPSS .....	30

### CAPÍTULO VI

4.	RESULTADOS .....	31
4.1.	Concentraciones de SO <sub>2</sub> y NO <sub>2</sub> .....	31
4.2.	Concentración semanal de Dióxido de Azufre .....	33
4.2.1.	<i>Primera semana de monitoreo para dióxido de azufre</i> .....	33
4.2.2.	<i>Segunda semana de monitoreo para dióxido de azufre</i> .....	34
4.2.3.	<i>Tercera semana de monitoreo para dióxido de azufre</i> .....	35
4.2.4.	<i>Cuarta semana de monitoreo para dióxido de azufre</i> .....	36

4.2.5.	<i>Quinta semana de monitoreo para dióxido de azufre</i> .....	37
4.2.6.	<i>Sexta semana de monitoreo para dióxido de azufre</i> .....	38
4.2.7.	<i>Séptima semana de monitoreo para dióxido de azufre</i> .....	39
4.3.	<b>Concentraciones máxima y promedio de Dióxido de azufre</b> .....	40
4.4.	<b>Concentración semanal de Dióxido de Nitrógeno</b> .....	43
4.4.1.	<i>Primera semana de monitoreo para dióxido de nitrógeno</i> .....	43
4.4.2.	<i>Segunda semana de monitoreo para dióxido de nitrógeno</i> .....	44
4.4.3.	<i>Tercera semana de monitoreo para dióxido de nitrógeno</i> .....	45
4.4.4.	<i>Cuarta semana de monitoreo para dióxido de nitrógeno</i> .....	46
4.4.5.	<i>Quinta semana de monitoreo para dióxido de nitrógeno</i> .....	47
4.4.6.	<i>Sexta semana de monitoreo para dióxido de nitrógeno</i> .....	48
4.4.7.	<i>Séptima semana de monitoreo para dióxido de nitrógeno</i> .....	49
4.5.	<b>Concentraciones máxima y promedio de Dióxido de nitrógeno</b> .....	50
4.6.	<b>Concentración de SO<sub>2</sub> y NO<sub>2</sub> en la zona de estudio utilizando el Software ArcMap</b> .....	53
4.7.	<b>Análisis estadístico</b> .....	55
4.7.1.	<i>Pruebas de normalidad</i> .....	55
4.7.2.	<i>Análisis de un factor ANOVA</i> .....	56
	<b>CONCLUSIONES</b> .....	59
	<b>RECOMENDACIONES</b> .....	61
	<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	
	<b>ANEXOS</b>	

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1-2:</b>	Contaminantes Atmosféricos.....	10
<b>Tabla 2-2:</b>	Límites máximos permisibles para SO <sub>2</sub> y NO <sub>2</sub> .....	14
<b>Tabla 1-3:</b>	Coordenadas de puntos de monitoreo de SO <sub>2</sub> y NO <sub>2</sub> .....	20
<b>Tabla 2-3:</b>	Materiales y reactivos para la preparación de solución captadora .....	21
<b>Tabla 3-3:</b>	Fechas de muestreo.....	24
<b>Tabla 4-3:</b>	Análisis de muestreadores pasivos para SO <sub>2</sub> y NO <sub>2</sub> .....	24
<b>Tabla 5-3:</b>	Concentración de sulfatos y absorbancias utilizadas para la elaboración de la curva de calibración de SO <sub>2</sub> .....	25
<b>Tabla 6-3:</b>	Concentración de nitritos y absorbancias utilizadas para la elaboración de la curva de calibración de NO <sub>2</sub> .....	27
<b>Tabla 7-3:</b>	Datos de temperatura y presión utilizados para corregir las concentraciones de SO <sub>2</sub> y NO <sub>2</sub> .....	29
<b>Tabla 1-4:</b>	Concentraciones de Dióxido de Azufre en el EP Mercado Mayorista de Ambato	31
<b>Tabla 2-4:</b>	Concentraciones de Dióxido de Nitrógeno en el EP Mercado Mayorista de Ambato .....	32
<b>Tabla 3-4:</b>	Concentraciones máximas y promedio de SO <sub>2</sub> en el EP Mercado Mayorista de Ambato.....	40
<b>Tabla 4-4:</b>	Concentraciones máximo y promedio de NO <sub>2</sub> en el EP Mercado Mayorista de Ambato.....	50
<b>Tabla 5-4:</b>	Prueba de Normalidad para concentraciones semanales de SO <sub>2</sub> .....	55
<b>Tabla 6-4:</b>	Prueba de Normalidad para concentraciones promedio de SO <sub>2</sub> .....	55
<b>Tabla 7-4:</b>	Prueba de Normalidad para concentraciones semanales de NO <sub>2</sub> .....	56
<b>Tabla 8-4:</b>	Prueba de Normalidad para concentraciones promedio de NO <sub>2</sub> .....	56
<b>Tabla 9-4:</b>	Análisis ANOVA de un factor para SO <sub>2</sub> .....	57
<b>Tabla 10-4:</b>	Análisis ANOVA de un factor para NO <sub>2</sub> .....	57

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1-2.</b>	Capas de la atmósfera.....	6
<b>Figura 1-3:</b>	Puntos de monitoreo de SO <sub>2</sub> y NO <sub>2</sub> en el Mercado Mayorista de Ambato.....	19
<b>Figura 2-3:</b>	Colocación de muestreados pasivo para SO <sub>2</sub> y NO <sub>2</sub> en la Av. Bolivariana del sector del Mercado Mayorista de Ambato.....	22
<b>Figura 3-3:</b>	Colocación de muestreados pasivo para SO <sub>2</sub> y NO <sub>2</sub> en la calle Tres Carabelas del sector del Mercado Mayorista de Ambato. ....	22
<b>Figura 4-3:</b>	Colocación de muestreados pasivo para SO <sub>2</sub> y NO <sub>2</sub> en las instalaciones del Mercado Mayorista de Ambato.....	22
<b>Figura 5-3:</b>	Colocación de muestreados pasivo para SO <sub>2</sub> y NO <sub>2</sub> en las instalaciones del Mercado Mayorista de Ambato.....	22
<b>Figura 6-3:</b>	Exposición de muestreados pasivo para SO <sub>2</sub> y NO <sub>2</sub> en la calle Batalla de Tarqui del sector del Mercado Mayorista de Ambato. ....	23
<b>Figura 7-3:</b>	Exposición de muestreados pasivo para SO <sub>2</sub> y NO <sub>2</sub> en la Av. El Cóndor del sector del Mercado Mayorista de Ambato.....	23
<b>Figura 8-3:</b>	Exposición de muestreados pasivo para SO <sub>2</sub> y NO <sub>2</sub> en la calle Corsino Duran del sector del Mercado Mayorista de Ambato. ....	23
<b>Figura 9-3:</b>	Exposición de muestreados pasivo para SO <sub>2</sub> y NO <sub>2</sub> en la Av. Julio Jaramillo Laurido del sector del Mercado Mayorista de Ambato. ....	23
<b>Figura 1-4.</b>	Mapa de dispersión de concentraciones promedio de SO <sub>2</sub> .....	53
<b>Figura 2-4.</b>	Mapa de dispersión de concentraciones promedio de NO <sub>2</sub> .....	54

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

<b>Gráfico 1-3:</b>	Curva de calibración para SO <sub>2</sub> .....	26
<b>Gráfico 2-3:</b>	Curva de calibración para NO <sub>2</sub> .....	28
<b>Gráfico 1-4:</b>	Concentraciones de SO <sub>2</sub> registradas en la semana 01 de monitoreo en el EP- Mercado Mayorista de Ambato.....	33
<b>Gráfico 2-4:</b>	Concentraciones de SO <sub>2</sub> registradas en la semana 02 de monitoreo en el EP- Mercado Mayorista de Ambato.....	34
<b>Gráfico 3-4:</b>	Concentraciones de SO <sub>2</sub> registradas en la semana 03 de monitoreo en el EP- Mercado Mayorista de Ambato.....	35
<b>Gráfico 4-4:</b>	Concentraciones de SO <sub>2</sub> registradas en la semana 04 de monitoreo en el EP- Mercado Mayorista de Ambato.....	36
<b>Gráfico 5-4:</b>	Concentraciones de SO <sub>2</sub> registradas en la semana 05 de monitoreo en el EP- Mercado Mayorista de Ambato.....	37
<b>Gráfico 6-4:</b>	Concentraciones de SO <sub>2</sub> registradas en la semana 06 de monitoreo en el EP- Mercado Mayorista de Ambato.....	38
<b>Gráfico 7-4:</b>	Concentraciones de SO <sub>2</sub> registradas en la semana 07 de monitoreo en el EP- Mercado Mayorista de Ambato.....	39
<b>Gráfico 8-4:</b>	Concentraciones máximas de SO <sub>2</sub> registradas durante las semanas de diciembre de 2021 y enero 2022 monitoreadas en el EP- Mercado Mayorista de Ambato..	41
<b>Gráfico 9-4:</b>	Concentraciones promedio de SO <sub>2</sub> registradas durante las semanas de diciembre de 2021 y enero 2022 monitoreadas en el EP- Mercado Mayorista de Ambato..	42
<b>Gráfico 10-4:</b>	Concentraciones de NO <sub>2</sub> registradas en la semana 01 de monitoreo en el EP- Mercado Mayorista de Ambato.....	43
<b>Gráfico 11-4:</b>	Concentraciones de NO <sub>2</sub> registradas en la semana 02 de monitoreo en el EP- Mercado Mayorista de Ambato.....	44
<b>Gráfico 12-4:</b>	Concentraciones de NO <sub>2</sub> registradas en la semana 03 de monitoreo en el EP- Mercado Mayorista de Ambato.....	45
<b>Gráfico 13-4:</b>	Concentraciones de NO <sub>2</sub> registradas en la semana 04 de monitoreo en el EP- Mercado Mayorista de Ambato.....	46
<b>Gráfico 14-4:</b>	Concentraciones de NO <sub>2</sub> registradas en la semana 05 de monitoreo en el EP- Mercado Mayorista de Ambato.....	47
<b>Gráfico 15-4:</b>	Concentraciones de NO <sub>2</sub> registradas en la semana 06 de monitoreo en el EP- Mercado Mayorista de Ambato.....	46
<b>Gráfico 16-4:</b>	Concentraciones de NO <sub>2</sub> registradas en la semana 07 de monitoreo en el EP-	

Mercado Mayorista de Ambato.....	45
<b>Gráfico 17-4:</b> Concentraciones máximas de NO <sub>2</sub> registradas durante las semanas de diciembre de 2021 y enero 2022 monitoreadas en el EP- Mercado Mayorista de Ambato..	52
<b>Gráfico 18-4:</b> Concentraciones promedio, máximo y mínimo de NO <sub>2</sub> registradas en el EP- Mercado Mayorista de Ambato.....	52

## **ÍNDICE DE ANEXOS**

**ANEXO A:** SITUACIÓN DEL MERCADO MAYORISTA DE AMBATO

**ANEXO B:** COLOCACIÓN DE MUESTREADORES PASIVOS

**ANEXO C:** PREPARACIÓN DE SOLUCIONES CAPTADORAS Y ANÁLISIS

**ANEXO D:** ABSORBANCIAS OBTENIDAS

**ANEXO E:** AUTORIZACIÓN DE USO DE POSTES PROPIEDAD DE LA EEASA

**ANEXO F:** OFICIO SOBRE ENTREGA DE DATOS METEOROLÓGICOS POR PARTE  
DEL H. GOBIERNO PROVINCIAL DE TUNGURAHUA.

## ÍNDICE DE ABREVIATURAS

<b><math>\mu\text{g}/\text{m}^3</math></b>	Microgramo sobre metro cúbico
<b>A</b>	Área
<b><math>A_{420\text{nm}}</math></b>	Absorbancia a 420nm
<b>Av.</b>	Avenida
<b>b</b>	Ordenada al origen
<b><math>C_A</math></b>	Concentración de $\text{SO}_2$ ambiente
<b><math>C_A</math></b>	Concentración del analito
<b>Cc</b>	Concentraciones corregidas
<b><math>C_{\text{NO}_2}</math></b>	Concentración de $\text{NO}_2$
<b>CO</b>	Monóxido de Carbono
<b>COE</b>	Comité de Operaciones de Emergencia
<b><math>C_{\text{SO}_2}</math></b>	Concentración de $\text{SO}_2$
<b>D12</b>	Coefficiente de difusión
<b>g</b>	Gramos
<b>H</b>	Hidrogeno
<b>He</b>	Helio
<b>HGPT</b>	Honorable Gobierno Provincial de Tungurahua
<b>INEC</b>	Instituto Nacional de Estadística y Censos
<b>k</b>	Kelvin
<b>Km</b>	Kilometro
<b>m</b>	Pendiente de la recta
<b>m.s.n.m</b>	Metros sobre el nivel del mar
<b><math>\text{m}^2</math></b>	Metro cuadrado
<b>min/ml</b>	Minutos sobre mililitros
<b>ml</b>	Mililitros
<b>mmHg</b>	Miligramos de mercurio
<b><math>m_{\text{NO}_2}</math></b>	Masa de nitritos
<b><math>m_{\text{SO}_2}</math></b>	Masa de sulfatos
<b>N</b>	Nitrógeno
<b>nm</b>	Nanómetros
<b><math>\text{NO}_2</math></b>	Dióxido de nitrógeno
<b><math>\text{NO}_x</math></b>	Óxidos de nitrógeno
<b><math>\text{O}_3</math></b>	Ozono

<b>°C</b>	Grados centígrados
<b>OMS</b>	Organización Mundial de la Salud
<b>PA</b>	Presión atmosférica
<b>PM<sub>10</sub></b>	Material particulado 10
<b>PM<sub>2,5</sub></b>	Material particulado 2,5
<b>ppb</b>	Partes por billón
<b>SECAP</b>	Servicio Ecuatoriano de Capacitación Profesional
<b>SIG</b>	Sistema de Información Geográfico
<b>SO<sub>2</sub></b>	Dióxido de azufre
<b>T</b>	Temperatura
<b>t</b>	Tiempo de exposición del muestreador
<b>UV</b>	Ultravioleta visible
<b>V</b>	Volumen del reactivo
<b>y</b>	Absorbancia obtenida de la muestra

## RESUMEN

La presente investigación tuvo como principal objetivo, evaluar la presencia de dióxidos de azufre (SO<sub>2</sub>) y dióxidos de nitrógeno (NO<sub>2</sub>) en el Mercado Mayorista de Ambato, ya que son considerados como contaminantes atmosféricos responsables de modificar la calidad del aire. Para ello se preparó muestreadores pasivos utilizando soluciones captadoras a base de Trietanolamina, que permitió la medición de niveles de concentración de dióxido de azufre y dióxido de nitrógeno, dichos muestreadores se colocaron en 22 puntos que fueron seleccionados de forma aleatoria y expuestos en periodos de siete días durante siete semanas, cada semana se retiró los muestreadores para analizarlos en un espectrofotómetro y determinar niveles de absorbancia, que permitieron calcular las concentraciones en microgramos por metro cubico (ug/m<sup>3</sup>). Los resultados obtenidos reflejo como concentración máxima de (41,460 ug/m<sup>3</sup>) para el dióxido de azufre la cual cumplió con lo establecido en normativa ecuatoriana, que indica que las concentraciones no deben superar los 60 ug/m<sup>3</sup>; mientras que para el dióxido de nitrógeno se obtuvo una concentración máxima de (62,360 ug/m<sup>3</sup>), determinado que en la zona de estudio existieron puntos donde se llega a sobrepasan los niveles establecidos por la normativa ecuatoriana la cual indica que no se debe superar concentraciones de 40ug/m<sup>3</sup>. Los niveles de concentración hallados se atribuyen principalmente al flujo y congestión vehicular que se da en la zona debido al comercio y venta de productos, además se determinó que los parámetros meteorológicos influyen directamente en la permanencia del dióxido de azufre y dióxido de nitrógeno, por lo cual se recomienda realizar estudios similares en diferentes tiempos con el fin de conocer la situación y calidad del aire de la zona, ya que a niveles elevados de estos contaminantes se pueden presentar problemas para la salud de las personas y afectaciones al ecosistema.

**Palabras clave:** <DIÓXIDO DE AZUFRE (SO<sub>2</sub>)>, <DIÓXIDO DE NITRÓGENO (NO<sub>2</sub>)>, <MUESTREADORES PASIVOS>, <PARQUE AUTOMOTOR>, <MERCADO MAYORISTA DE AMBATO>, <CALIDAD DEL AIRE>.



1770-DBRA-UTP-2022

## SUMMARY

The aim of this research was to evaluate the presence of sulfur dioxides (SO<sub>2</sub>) and nitrogen dioxides (NO<sub>2</sub>) in the Wholesale Market, located in Ambato since these atmospheric pollutants are responsible for modifying the air quality. For this, it was necessary to use passive samplers prepared with Triethanolamine-based capture solutions, which allowed measuring the sulfur dioxide and nitrogen dioxide concentration levels. These samplers were placed in 22 randomly selected points and exposed to a seven-day period, during seven weeks. The samplers were analyzed every week in a spectrophotometer to establish the absorbance levels. This allowed calculating the concentrations in micrograms per cubic meter (ug/m<sup>3</sup>). The results obtained reflected a maximum concentration of (41,460 ug/m<sup>3</sup>) for sulfur dioxide, this value is according to the parameters established by the Ecuadorian regulations, which indicate that the concentrations should not exceed 60 ug/m<sup>3</sup>; while for nitrogen dioxide, a maximum concentration of (62,360 ug/m<sup>3</sup>) was obtained. In this way, it was possible to determine that the study area have points exceeding the levels established by the Ecuadorian regulations, which indicate that concentrations should not exceed 40 ug/m<sup>3</sup>. The concentration levels are mainly caused by the vehicular flow in the area due to commercialization and sale of products. It was also determined that meteorological parameters directly influence the permanence of sulfur dioxide and nitrogen dioxide, so it is recommended to conduct similar studies at different periods of time to know about the situation and air quality in the area since high levels of these pollutants can affect both, people's health and ecosystem.

**Keywords:** <SULPHUR DIOXIDE (SO<sub>2</sub>)>, <NITROGEN DIOXIDE (NO<sub>2</sub>)>, <PASSIVE SAMPLERS>, <AUTOMOTIVE PARK>, <AMBATO WHOLESALE MARKET>, <AIR QUALITY>.



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

**C.I. 0603289877**

## INTRODUCCIÓN

El sector agrícola, industrial y el comercio, son actividades que contribuyen en mayor parte a la economía del Cantón Ambato, por ello, el aumento de actividades industriales y mercados en la ciudad que, muchas veces abastecen de productos a nivel regional, provocan un alto flujo vehicular; (Pérez, 2017, pp.23-34) menciona que los vehículos automotores son responsables de generar gases contaminantes a la atmósfera como: dióxidos de azufre (SO<sub>2</sub>), óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>), monóxido de carbono (CO), entre otros; por lo cual, es importante la realización de evaluaciones, que permitan determinar la calidad del aire de la ciudad en general.

La contaminación atmosférica representa un problema a nivel global, ya que, llega afectar tanto a la salud humana y pueden llegar a producir un deterioro progresivo en el ecosistema; según la Organización Mundial de la Salud (OMS), menciona que al año; se dan 7 millones de muertes prematuras alrededor del mundo debido a la mala calidad del aire.(Benotman, 2021).

A nivel nacional es preocupante el tema de la calidad del aire; tanto en pequeñas y grandes ciudades; ya que debido a los procesos de comercio e incremento de la población, hacen que aumente el flujo vehicular.

Mediante estudios estadísticos realizados por la Dirección de Tránsito Municipal; mencionan que, en Ambato, en el año 2017 se matricularon 63 194 vehículos y que para el año 2018 la cantidad de parque automotor es de 76 000 vehículos, además, posee una población de 329 856 habitantes; datos que corresponde al INEC del 2010.

Entre los contaminantes Atmosféricos que más preocupa; en cuanto a la calidad del aire; son los dióxidos de nitrógeno y azufre; por lo que nace la necesidad de realizar una evaluación de estos contaminantes, en el Mercado Mayorista de Ambato, ya que, al ser uno de los centros de abastecimiento más grandes del país, recibe una alta cantidad de personas; según (Villafuerte, 2021); indica que, aproximadamente acuden al lugar 8 000 personas por día y 5 000 vehículos, en promedio.

El presente estudio busca evaluar las concentraciones de SO<sub>2</sub> y NO<sub>2</sub>, que se presentan en el Mercado Mayorista de la ciudad de Ambato, actualmente en el cantón se monitorea los niveles de dióxido de nitrógeno; sin embargo, para el parámetro de dióxido de azufre, no se registra ningún tipo de control, situación que es preocupante, ya que la escasa información puede ser el causal para no mitigar la concentración de estos contaminantes; como consecuencia pueden producirse problemas en la zona y afectar a la salud de las personas que acuden con frecuencia a este lugar.

La información que se obtenga en esta evaluación, permitirá tener una idea de los niveles de dióxido de azufre y nitrógeno en el Mercado, y aportara con información para futuras investigaciones que se puedan llegar a realizar.

## JUSTIFICACIÓN

El acelerado desarrollo industrial y comercial de la sociedad; trajeron consigo la generación de una gran cantidad de sustancias, que son causantes de modificar la composición natural del aire. La quema de combustibles fósiles; que son utilizados para la generación de energía y transporte, son responsables de emitir miles de toneladas de contaminantes a la atmósfera.

La provincia de Tungurahua se caracteriza, por la producción de una gran variedad de productos agrícolas y ganaderos, que son utilizados para consumo local o venta en otras regiones; muchos de estos productos son comercializados en el Mercado Mayorista de la ciudad de Ambato, el cual, es considerado en la actualidad, como uno de los mercados más grandes del país; ya que recibe diariamente una gran cantidad de personas y vehículos que circulan al interior y exterior del mercado.

Por ello; se ha visto la necesidad de realizar una evaluación sobre contaminantes atmosféricos, específicamente  $SO_2$  y  $NO_2$ , presentes en el ambiente del Mercado Mayorista de Ambato; el monitoreo de estos contaminantes se llevará a cabo mediante muestreo pasivo, ya que, es una técnica confiable, sencilla y de un costo más bajo, en comparación con otros métodos.

La finalidad de este trabajo es conocer la situación actual, y el posible efecto en las personas. La presencia de dióxido de nitrógeno y dióxido de azufre, en elevadas concentraciones pueden producir efectos crónicos y agudos en las personas como: problemas cardiacos y respiratorios. (Calisaya, 2012, p.10).

Esta investigación se encamina al beneficio de los comerciantes, vecinos del lugar y compradores que acuden al mercado, obteniendo información útil que puede facilitar el diseño e implementación de medidas de control, y así reducir los impactos de contaminación atmosférica y mejorar la calidad de vida de las personas. La Constitución de la Republica del Ecuador, en el Capítulo II, del Derecho del Buen vivir, sección segunda, del Ambiente Sano Art. 14. “Establece como un derecho de las personas a vivir en un ambiente ecológicamente equilibrado y sano, donde se garantice la sostenibilidad y el buen vivir, Sumak Kawsay”. (Constitución del Ecuador, 2008, p.14).

## CAPÍTULO I

### 1. DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA

#### 1.1. Antecedentes

La contaminación atmosférica, representa riesgos para la salud y el medio ambiente, es considerado un problema; tanto en países desarrollados, como en vías de desarrollo. En el 2013 se realizó una evaluación sobre el cáncer por parte del Centro Internacional de Investigaciones, donde determino que la contaminación atmosférica presentada en espacios exteriores puede ser cancerígena para las personas, ya que las partículas del aire contaminado se relacionan con la creciente incidencia del cáncer del pulmón, vejiga y vías urinarias (OMS, 2018).

En la ciudad de Ambato, en el 2008, se llevó a cabo un estudio sobre la calidad del aire que fue financiado por Petroecuador, donde participaron la Unidad de Gestión Ambiental de la Municipalidad del cantón y la Universidad Central del Ecuador, se midieron las emisiones gaseosas provenientes de 695 vehículos, donde se concluyó que la calidad del aire es homogénea y que no sobrepasaba los límites permisibles vigentes en la fecha de estudio, además, señalan que la contaminación atmosférica depende de factores como: procesos dinámicos y variaciones del tiempo” (Tapia, 2019 , p.10).

Entre el 2010 y 2011, la Universidad Técnica de Ambato, realizó estudios sobre la dispersión de contaminantes en el aire de fuentes fijas y del volcán Tungurahua, para ello monitorearon 42 empresas donde se analizó diferentes contaminantes atmosféricos, concluyeron que la calidad del aire en las chimeneas estudiadas se encontraba entre rangos óptimos y buenos (Villacis, 2015, p.8).

Desde el 2015, la ciudad de Ambato cuenta con una estación automática de calidad del aire, misma que se encuentra ubicada, en el edificio del Gobierno Municipal Descentralizado de cantón, esta estación funciona las 24 horas y siete días a la semana, donde se monitorean parámetros como: monóxido de carbono (CO), ozono (O<sub>3</sub>), dióxido de nitrógeno (NO<sub>2</sub>) y material particulado (PM<sub>10</sub>) (PM<sub>2,5</sub>), además, realiza monitoreos mediante la utilización de muestreo pasivo en 16 puntos de la ciudad; durante los años 2016–2020 según (GADMA, 2021), las concentraciones de NO<sub>2</sub>, CO y O<sub>3</sub>, no superan los límites establecidos en la normativa, y señala que las principales fuentes de emisión de estos contaminantes son las actividades mineras y el flujo vehicular de la ciudad.

Existen diferentes técnicas y métodos analíticos que permiten medir los niveles de contaminación del aire, como muestreo automático, muestreo activo y el muestreo pasivo. Los primeros sistemas pasivos fueron desarrollados en el año de 1976 por Palmes, DiMattio, Gunnison y Tomczk; el método se basaba en la dispersión del aire en tubos cilíndricos, que se encontraban cerrados un

extremo; aquí se colocaba un cedazo impregnado, con una sustancia captadora capaz de retener el contaminante atmosférico. A lo largo del tiempo, los muestreadores pasivos han ganado un espacio importante, en la medición de la calidad del aire, llegando así, a convertirse en una de las alternativas más utilizadas en investigaciones ambientales.

La Universidad Católica de Santa María del Perú, construyó dispositivos de difusión pasiva tipo tubo, utilizados para el monitoreo de dióxido de nitrógeno y dióxido de azufre, que fueron ubicados en distintas zonas de la ciudad de Arequipa, en un tiempo de seis meses; mediante análisis estadísticos, demostró que la metodología empleada fue precisa y sensible, permitiendo obtener resultados confiables (Calisaya, 2012, p.8).

El Centro Nacional de Sanidad Ambiental de España, realizó un estudio sobre las diferentes metodologías de muestreo pasivo, empleadas en la toma de muestras de contaminantes atmosféricos, donde concluyó que los dispositivos de captación, son alternativas válidas para la toma de muestras de contaminantes gaseosos, en comparación con otras técnicas, ya que, no depende del suministro eléctrico y son de bajo costo; este tipo de técnica resulta idónea para la realización de estudios de calidad del aire (Madruza, 2013, p.116).

## **OBJETIVOS**

### **Objetivo General**

Evaluar la presencia de SO<sub>2</sub> y NO<sub>2</sub> empleando muestreos pasivos en el Mercado Mayorista de la Ciudad de Ambato.

### **Objetivos Específicos**

- Estimar mediante muestreadores pasivos la cantidad de SO<sub>2</sub> y NO<sub>2</sub> presentes en el Mercado Mayorista de la Ciudad de Ambato.
- Identificar dentro de la zona de estudios, aquellos puntos con mayor nivel de concentración de SO<sub>2</sub> y NO<sub>2</sub>.
- Determinar mediante un modelo estadístico, si los datos recolectados durante el tiempo de muestreo, siguen o no una distribución normal.
- Comparar si la concentración obtenida cumple los límites establecidos por la Normativa Ecuatoriana de la Calidad del Aire Ambiente.

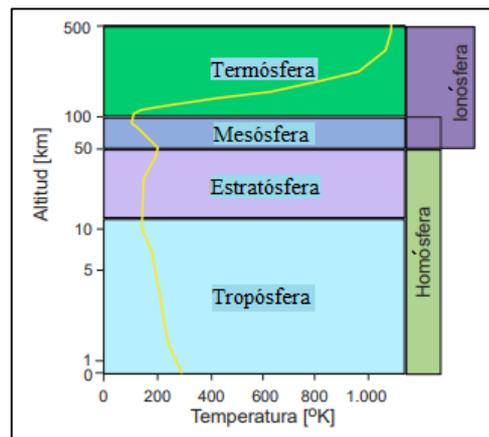
## CAPÍTULO II

### 2. REVISIÓN DE LA LITERATURA O FUNDAMENTOS TEÓRICOS

#### 2.1. Atmósfera

Es una capa gaseosa que rodea la superficie de la tierra, compuesta por varios gases como: dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) con el 0,03%, oxígeno ( $\text{O}_2$ ) con el 21%, nitrógeno (N) con el 78,08%, Argón (Ar) con el 0,934%, entre otros; donde el oxígeno juega un papel importante en procesos de respiración, al igual que el dióxido de carbono es indispensable para la realización de la fotosíntesis de las plantas.

Esta capa tiene como principal objetivo proteger al planeta, se encarga de absorber radiaciones peligrosas y estabilizar la temperatura, y esta suele variar dependiendo de la altitud de cada zona; según este concepto la atmósfera se divide en cuatro capas.



**Figura 1-2.** Capas de la atmósfera

Fuente: Pabón et al., 2020.

#### 2.1.1. Capas de la atmósfera

##### 2.1.1.1. Tropósfera

La tropósfera, es la primera capa; cuenta con una altitud de 12 km sobre la superficie terrestre; el límite superior de esta capa se la denomina tropopausa.

En esta capa se desarrolla la vida, una de sus características, es que la temperatura disminuye según se aumente la altitud, la cual varía entre 15 °C hasta -50 °C; además, se producen fenómenos meteorológicos que favorecen el transporte o eliminación de contaminantes atmosféricos, ya que se da una mezcla de forma constante en sentidos horizontales y verticales de las masas de aire,

dependiendo de las características químicas del contaminante, este puede ser transportado varios kilómetros y producir afectaciones (Simbaña, 2011, pp.8-9).

#### *2.1.1.2. Estratósfera*

Sobre la tropopausa podemos encontrar a la estratósfera, con una altitud de 50 km; en esta capa la masa de aire se mueve en forma horizontal, a diferencia de la tropósfera en esta capa la temperatura aumenta conforme la altitud, presentando rangos entre -56 °C hasta -2 °C. El límite superior de esta capa es denominada estratopausa (Simbaña, 2011, pp.8-9).

#### *2.1.1.3. Ionósfera*

Esta capa está formada por la mesósfera y termósfera.

Sobre la estratopausa se encuentra la mesósfera, con una altitud de 50 a 85 km, aquí se presentan variaciones de temperatura, misma que disminuye con respecto a la altitud, entre los rangos de temperatura se encuentra desde -2 °C a -92 °C, además, su densidad es baja, debido a esto, no se dan movimientos de masas gaseosas.

La capa termósfera, tiene una altitud de 85 km a 500 km, donde se dan incrementos de temperatura entres los -92 °C a 1200 °C. Una de sus características más importantes es la existencia de especies que ayudan a la absorción de las radiaciones ultravioletas (Simbaña, 2011, pp.8-9).

## **2.2. Tiempo meteorológico y clima**

El tiempo meteorológico, es considerado como el estado o aquellas características físicas que se presentan en la atmósfera , mismas que surgen durante un periodo que puede ser de días u horas y en una zona determinada, partiendo de este concepto; al definir al clima, podemos decir que es el estado promedio del tiempo meteorológico, el cual puede ser de meses o años; generalmente con parámetros como: temperatura, lluvia, presión barométrica y velocidad del viento. (Primo, 2015; citados en Salazar, 2018), también depende del balance que exista en la atmósfera, el cual está influenciado por la radiación solar, gases, nubes y aerosoles.

Los elementos que constituyen el clima según (Ayllón, 2003; citados en Salazar, 2018).

- Geodinámicos: La temperatura, presión, viento.
- Acuoso: La Humedad, nubosidad, precipitación.

### **2.2.1. Temperatura**

En la tropósfera, se dan fenómenos climáticos como: variaciones de temperatura, vientos, tormentas, etc. La temperatura terrestre depende del almacenamiento de calor en su superficie, donde interfieren mecanismos como la evaporación y escurrimiento superficial, además, es importante destacar que la distribución de calor que se da en la superficie, depende de la circulación oceánica y atmosférica .

En otras palabras; podemos decir que, la temperatura es la forma de medición de los niveles de calor, que puede variar, si presentan algunos de los siguientes factores mencionados por (Sarochar, 2013; citados en Salazar, 2018).

- Depende de la energía solar recibida y de cómo se dé su distribución.
- Variaciones en el día y noche debido a la rotación terrestre que se produce.
- Ángulo de inclinación de la radiación la cual varía dependiendo de la altitud del lugar.
- Variaciones relacionadas con la edafología de una zona determinada, en las áreas áridas, suelen darse cambios bruscos de temperatura.
- La temperatura máxima suele ser, en el día entre las 14:00h y 16:00h, mientras que la temperatura mínima suele ser entre las 6:00h y 8:00h.

#### **2.2.1.1. Inversión de la temperatura**

Son generadas debido a las irradiaciones en contacto con la superficie terrestre, que tienen lugar durante la noche, antes de la salida del sol, la temperatura en la atmósfera se incrementa hacia la superficie y en las capas inferiores se presenta una disminución. En áreas urbanas suelen presentarse problemas relacionados con la calidad del aire; los contaminantes atmosféricos en ocasiones se concentran en las capas inferiores además en temporadas frías de invierno suelen agravarse estos niveles. (Sarochar, 2013; citados en Salazar, 2018)

### **2.3. Contaminación atmosférica**

Es la presencia de sustancias en el aire, que puedan producir efectos adversos para la población, seres vivos o bienes de cualquier naturaleza. Las diferentes actividades industriales que van en constate crecimiento a nivel mundial, contribuye a que exista un aumento de estas emisiones; lo que puede producir un cambio a escala local o global, como la destrucción de la capa de ozono o aumentar los niveles de temperatura.

En el ambiente podemos encontrar algunos componentes que puedan ser perjudiciales para la salud de las personas, además de aquellos componentes que se encuentran de forma natural como es el caso del hidrogeno y oxígeno. Las personas respiramos aire que contiene componentes como:

“Óxidos de nitrógeno, hidrocarburos poliaromáticos, monóxido de Carbono, dióxido de azufre, partículas en suspensión, compuestos orgánicos volátiles y smog, estos son los más comunes, pues existen más” (Levy et al., 2002; citados en Salazar, 2018).

Estas emisiones, además de producir efectos negativos en la salud, pueden presentarse como riesgo al ser ingeridos de forma indirecta en alimentos y agua, o absorbidos por medio de la piel. La contaminación del medio ambiente, en el Ecuador, se debe a la circulación de transporte privados y públicos, muchas veces en pésimas condiciones mecánicas, además la congestión vehicular hace que se genere mayores descargas de contaminantes atmosféricos, como consecuencia se presentan problemas, a escala local, regional y global. En la actualidad el parque automotor utiliza combustibles fósiles principalmente gasolina y Diesel. (Loaiza, 2020), menciona que, en estudios realizados por el Ministerio del Ambiente del Ecuador y la Organización Panamericana de la Salud, se encontró que existe el incumplimiento de los límites permisibles establecidos por la OMS y la Norma Ecuatoriana, en varias ciudades, donde las personas que radican en zonas urbanas se ven más afectadas debido a la gran afluencia vehicular y procesos industriales que se llevan a cabo.

### ***2.3.1. Clasificación según la procedencia del contaminante atmosférico***

1. **Natural.-** Surge de la dinámica natural que se genera en el planeta como: erupciones volcánicas, incendios, emisiones que se producen durante procesos metabólicos, etc.
2. **Antropogénica.-** Son aquellas generadas por el hombre como: la combustión vehicular, actividades industriales, procesos de combustión, etc. Este tipo de contaminación puede ser clasificada en base a su movilidad como menciona, (García, 2014; citados en Salazar, 2018)

#### **- Movilidad**

**Fuentes móviles.** - Es la fuente de generación de contaminantes atmosféricos, que son susceptibles a moverse, como es el caso de los automóviles; taxis, buses, camiones, camionetas, motos, etc.

Dentro de este grupo, los automóviles son generadores de la mayor parte de contaminación, debido a la alta afluencia vehicular que existe actualmente alrededor del mundo. Los motores que funcionan a gasolina y Diesel; por combustión interna; emiten gases contaminantes como: hidrocarburos, óxidos de nitrógeno, amoníaco, dióxido de azufre, monóxido de carbono, bióxido de carbono y partículas en suspensión, que se dispersan en el ambiente, al circular por su sistema de escape; como consecuencia se presenta diferentes dificultades para la salud de las personas que se encuentran expuestas y para el ecosistema en general.

**Fuentes fijas.**- Se caracterizan por encontrarse en un punto fijo, como es el caso de las plantas industriales o generadoras de energía, al igual aquellas emisiones que son producidas por procesos naturales como: erupciones volcánicas, suspensión de suelos, digestión anaerobia entre otras.

### 2.3.2. Clasificación según el origen del contaminante atmosférico

- **Contaminantes primarios.**- Son aquellos que se encuentra en la atmósfera sin presentar alguna alteración, de acuerdo con su composición, que pueden ser emitidos por fuentes naturales o antropogénicas. Algunos ejemplos son: dióxidos de azufre, monóxido de carbono, dióxido de carbono, amoníaco, etc.
- **Contaminantes secundarios.**- Se generan al reaccionar químicamente con los contaminantes primarios o a su vez con los secundarios. (Cebrián, 2006; citados en Salazar, 2018). Algunos ejemplos son: ozono, hidrocarburos, sulfatos, material particulado, etc.

**Tabla 1-2:** Contaminantes Atmosféricos

<b>Tipo</b> <b>Contaminante</b>	<b>Compuestos de azufre (S)</b>	<b>Compuestos de nitrógeno (N)</b>	<b>Compuestos de carbono (C)</b>	<b>Compuestos de los halogenados</b>
<b>Primario</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>)</li> <li>• Ácido sulfhídrico (H<sub>2</sub>S)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Monóxido de nitrógeno II (NO)</li> <li>• Amoníaco (NH<sub>3</sub>)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Monóxido de carbono (CO)</li> <li>• Dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fluoruro de hidrogeno (HF)</li> <li>• Ácido clorhídrico (HCl)</li> </ul>
<b>Secundario</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Óxido de azufre (SO<sub>3</sub>)</li> <li>• Ácido sulfúrico (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dióxido de nitrógeno (NO<sub>2</sub>)</li> <li>• Nitrato (NO<sub>3</sub>)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aldehídos</li> <li>• Ácidos</li> <li>• Cetonas</li> </ul>	Ninguno

**Fuente:** Consejería del Medio Ambiente. 2013: Citado por Cueva, 2017.

### 2.4. Calidad del aire

La calidad del aire, tiene que ver con la composición que está presenta. La ausencia o presencia de niveles de concentración de sustancias, ayudan a la determinación de la calidad del aire, de una determinada zona. El aire que respiramos contiene una gran variedad de compuestos diferentes, siendo los principales el nitrógeno, hidrogeno y oxígeno.

Los procesos meteorológicos que se puedan dar en una determinada zona como: movimiento de

masas, que está relacionado con la velocidad y dirección del viento; se dice que a mayor velocidad de las masas de aire, se reduce las concentraciones de contaminantes a nivel de la superficie terrestre; ya que se da una mayor dilución y/o mezcla de estos, además, si la circulación de las masas se da de forma cerrada, puede producir que los contaminantes se acumulen.

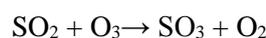
## 2.5. Dióxido de azufre

En materia del Acuerdo Ministerial 097 (2015), indica que el Dióxido de Azufre representado con su fórmula química (SO<sub>2</sub>), es un gas incoloro, no inflamable, que posee un olor penetrante a concentraciones superiores de 10000 ug/m<sup>3</sup>. Tiene una alta solubilidad con el agua y puede permanecer entre dos a cuatro días en la atmósfera, alrededor del 50% suele depositarse en la superficie terrestre (European Chemical Agency, 2007).

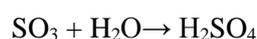
Este gas puede producirse.

- Fuentes naturales; en fenómenos geo-químicos (que se producen en erupciones volcánicas), incendios forestales y descomposición de la materia orgánica.
- Fuentes antropogénicas; en la combustión de hidrocarburos, en actividades industriales o automovilísticas y procesamiento de minerales (RAMA, 2004; citado en Luna, 2017).

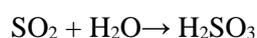
Los factores como: temperatura, humedad, intensidad luminosa y transferencia de masa, interfieren en la gran parte de reacciones atmosféricas, que se puedan generar a partir del SO<sub>2</sub>. En la fase gaseosa se produce la oxidación del dióxido de azufre al reaccionar con el ozono troposférico, generando trióxido de azufre y oxígeno (Simbaña, 2011, p.19).



- Este trióxido de azufre al estar en contacto con el vapor de agua del ambiente, forma ácido sulfúrico.



En cuanto a la fase acuosa; como se ha mencionado anteriormente; el SO<sub>2</sub>, al poseer una alta solubilidad con el agua, da lugar a la formación de ácido sulfuroso.



La acidificación de la lluvia tiene que ver con la presencia de SO<sub>2</sub>, debido a sus propiedades de

disolución en el agua; según (Simbaña, 2011, p.20), menciona que dos tercios de la acidez del agua lluvia, está relacionada con este compuesto

### **2.5.1. Impacto al estar expuesto al SO<sub>2</sub>**

Debido a su alta solubilidad, el SO<sub>2</sub> puede formar ácidos de carácter agresivos; el cuerpo humano posee algunos escenarios que presentan cierta humedad como: la humedad de la mucosa conjuntiva y respiratoria, por lo cual, al ingresar los óxidos de azufre pueden llegar a producir irritaciones o afectaciones a la salud (RAMA-ZMVT, 2014; citados en Salazar, 2018).

Los grupos más vulnerables al encontrarse expuestos al SO<sub>2</sub> son los niños, mujeres embarazadas y adultos mayores, así también, aquellas personas que presentan problemas de asma; donde una exposición aguda, con concentraciones altas de dióxido de azufre puede provocar afectación en su función pulmonar y presentar síntomas como: opresión del pecho, falta de oxígeno y estornudos.

Cuando las personas se encuentran en exposiciones crónicas con altas concentraciones de dióxido de azufre, se producen, padecimientos respiratorios, alteraciones pulmonares y agravamiento de pacientes con problemas cardiacos (INE, 2007; citados en Salazar, 2018); además, es el causante de enfermedades como bronquitis, traquetes y puede llegar hasta provocar la muerte.

#### **2.5.1.1. Características de enfriamiento causado por SO<sub>2</sub>**

Este compuesto puede causar afectaciones en la calidad del aire y en el clima, ya que juega un papel importante en la generación de aerosoles; como resultado, la radiación solar se refleja y así el sol no puede calentar la tierra. En el año de 1991, el volcán Pinatubo, ubicado en Filipinas; al hacer erupción expulsó a la atmósfera alrededor de 20.000.000 de toneladas de dióxido de azufre, como consecuencia hubo un declive en la calidad del aire y la temperatura promedio del planeta disminuyó en un 0,7 °C en la década de los noventa, (MAC Mesoamerican and Caribbean Air Quality, 2009; citados en Salazar, 2018).

## **2.6. Dióxido de nitrógeno**

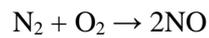
El NO<sub>2</sub>, es un gas que presenta características, tales son: tóxico, irritante, olor repugnante, altamente corrosivo, propiedades oxidantes y puede ser de tonalidades; rojas, tomates y café.

Las concentraciones en forma natural de este compuesto son de 10ppb y 50ppb que pueden ser expulsados por procesos como: actividades de microorganismos, descargas eléctricas, erupciones volcánicas o quema de biomasa. La principal fuente antropogénica es la quema de combustibles fósiles, que al estar expuestos con la luz ultravioleta da la formación de ozono troposférico y

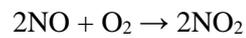
aerosoles de nitratos que constituyen a importantes fracciones de material particulado en el aire. Una de sus características, es ser precursor del ozono troposférico, además, es responsable de problemas de visibilidad y producción de lluvia (Gómez, 2018, p.45).

El dióxido de nitrógeno, al igual que el óxido de nitrógeno, se los considera como  $\text{NO}_x$ .

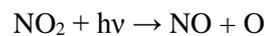
La formación del  $\text{NO}_2$ , ocurre al reaccionar los componentes generados en la combustión que ocurre en el aire a altas temperaturas.



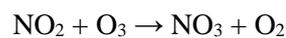
Los óxidos de nitrógeno, suelen tener una vida muy corta y se oxidan formando aerosoles o ácido nítrico. El monóxido de nitrógeno, es el responsable de la contaminación fotoquímica y precursor en la formación del dióxido de nitrógeno.



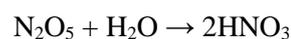
El dióxido de nitrógeno, es considerado como uno de los contaminantes atmosféricos más peligrosos; debido a su carácter irritante y a sus propiedades de descomposición en presencia de la luz solar.



En alturas de alrededor de 15 a 40 km, se da la formación de ozono, el cual es un agente oxidante, que transforma el dióxido de nitrógeno a nitrato.



También se puede dar la reacción entre nitrato y dióxido de nitrógeno, formando óxidos de nitrógeno; que al reaccionar con vapor de agua forman ácido nítrico (Simbaña, 2011, pp.20-22).



### 2.6.1. Impactos al estar expuesto al NO<sub>2</sub>

Algunas personas son más sensibles al estar expuestas a niveles altos de dióxido de nitrógeno, como es el caso de los niños, ya que sus pulmones se encuentran en desarrollo, al igual que las personas que presentan problemas de asma pueden verse afectadas cuando se exponen a altas concentraciones de NO<sub>2</sub>.

A niveles elevados, puede disminuir la función de los pulmones y llegar a producir irritaciones; ya que al exponerse a este contaminante se da el aumentó de mucosidad en las vías respiratorias, y se generan infecciones o agrava enfermedades crónicas, como: alergias, bronquitis y asma. Además, puede llegar a irritar los ojos, garganta y nariz o agravar enfermedades cardiovasculares. A nivel ambiental el NO<sub>2</sub>, presenta efectos sobre la vegetación y el ecosistema en general. Los óxidos de nitrógeno, en la atmósfera forman ácido nítrico, el cual contribuye a la formación de la lluvia ácida y son precursores de contaminación por ozono, adicionalmente se tienen las reacciones fotoquímicas entre los hidrocarburos y NO<sub>x</sub>.

### 2.7. Normativa Ecuatoriana

En el Acuerdo Ministerial 0 97A - Libro VI, Anexo 4 de la Norma Ecuatoriana de Calidad del Aire Ambiente; tiene como objetivo principal, cuidar la salud de las personas, la calidad del aire y del ambiente en general, para ello establece criterios y límites máximos permisibles de contaminación, dentro de la normativa se pueden encontrar los límites establecidos para dióxido de nitrógeno y el dióxido de azufre.

**Tabla 2-2:** Límites máximos permisibles para SO<sub>2</sub> y NO<sub>2</sub>

Contaminantes	Límites máximos permisibles (ug/m <sup>3</sup> ) en microgramos por metro cubico	Tiempos de Medición
Dióxido de azufre (SO <sub>2</sub> )	60	Un año
	125	Veinte y cuatro horas
	500	Diez minutos
Dióxido de nitrógeno (NO <sub>2</sub> )	40	Un año
	200	Una hora

Fuente: Acuerdo Ministerial 0 97A, 2015.

## **2.8. Muestreo atmosférico**

Los muestreos atmosféricos son de gran importancia, ya que permiten la medición de distintos contaminantes que pueden estar presentes en el aire, mediante la toma de muestras de forma discontinua. Mayormente se utilizan para la evaluación y caracterización de contaminantes que se encuentran suspendidos en el aire.

La frecuencia y tiempo de muestreo, estarán regidos al objetivo y tipo de estudio, que se vaya a realizar. Hablamos de frecuencia, como el número de muestras a recolectar en un tiempo determinado, lo cual establece la precisión de los datos obtenidos, donde se verá influenciado por variables meteorológicas y parámetros geográficos de la zona, que se está estudiando. Según los tiempos de muestreo y frecuencia se establecen tres tipos de muestreo.

- Muestreo continuo.- Se toman muestras de forma continua en un tiempo de mes o un año.
- Muestreo periódico.- Las muestras son tomadas de forma semanal o mensual.
- Muestreo puntual. - Se toman en un periodo de días, en ocasiones solo horas (Gallegos et al., 2012; citado en Ruiz, 2018).

## **2.9. Muestreo pasivo**

A lo largo del tiempo, la necesidad de realizar monitoreos, que permitan tener un control y evaluar la calidad del aire, han hecho que se desarrollen diversas metodologías que permitan analizar contaminantes atmosféricos.

Uno de los avances más importantes en cuanto a tecnologías de muestreo de calidad de aire en los últimos años, es la evolución de muestreadores pasivos, con el paso de tiempo esta tecnología ha ido cambiando; hoy en día podemos encontrar una gran variedad de muestreadores pasivos en el mercado; las soluciones captadoras pueden ser elaboradas en los laboratorios, donde el medio absorbente es la Trietanolamina.

Estos dispositivos de muestreo pasivo, se basan en la difusión del aire, el cual se encuentra en constante movimiento, como señala la Ley de Fick, donde se explica que este movimiento permite el transporte de contaminantes en el ambiente.

Estos sistemas de captación suelen colocarse en dispositivos especiales, en tubos con uno de sus extremos expuestos, con la finalidad de que el gas pueda llegar a difundirse dentro del captador; estos dispositivos suelen tener estructuras que lo protejan del viento y las lluvias. Una vez transcurrido el tiempo de monitoreo; el cual puede ser como mínimo 7 días; se procede a determinar la concentración con la ayuda de un espectrofotómetro UV.

Algunas ventajas de estos sistemas son; su bajo costo (si se las compara con otros métodos), fácil al momento de manipularlos, permite realizar estudios de efectos a tiempos largos y permite

realizar estudios en amplias zonas. Entre las desventajas se encuentran la dificultad de monitorear algunos contaminantes atmosféricos, los resultados pueden tener cierta incertidumbre y se determina promedios del periodo de monitoreo.

## **2.10. Factores ambientales**

### ***2.10.1. Temperatura y presión***

La temperatura atmósfera normalmente favorece la difusión del contaminante, ya que, al calentarse el aire, éste se vuelve menos denso, facilitando su ascenso. En los dispositivos de difusión los factores como la temperatura y presión afectan al coeficiente de difusión de los contaminantes; aquí la importancia de conocer y registrar estos valores durante los periodos de monitoreo.

### ***2.10.2. Precipitaciones***

Los contaminantes de carácter gaseoso, al estar expuesto a precipitaciones, son absorbidos, generando así problemas, en zonas cercanas a los puntos o fuentes de contaminación, ya que se puede generar lluvia ácida.

En la sierra ecuatoriana, los períodos de lluvia suelen darse en los meses de abril y octubre. La provincia de Tungurahua según el artículo de la Revista Sinergia, en el 2016, indica que las precipitaciones son bajas, presentando rangos entre 0-100 mm, a comparación de otras provincias.

### ***2.10.3. Humedad***

Este factor favorece la acumulación de contaminantes, como: el dióxido de azufre, dióxido de nitrógeno, trióxido de azufre; permite que estos al reaccionar puedan formar ácidos con características corrosivas, dando lugar a la formación de la lluvia ácida.

En los dispositivos de muestreo pasivo, pueden verse afectados cuando se produce condensación en las paredes internas del muestreador, alterando así la absorción del contaminante.

### ***2.10.4. Velocidad y dirección del viento***

Este parámetro, suele ser importante para la dispersión del contaminante. La velocidad del viento con la radiación solar, suele afectar al gradiente térmico vertical; dependiendo de las condiciones puede generar o no procesos convectivos, que actúan como responsables de la difusión de los

contaminantes atmosféricos .

“A bajas velocidades del viento y radiación solar, se produce una elevada acción convectiva y fuerte mezclado; en cambio a baja radiación solar y alta velocidad del viento, se crea una actividad convectiva moderada, en donde se provoca una baja difusión de los contaminantes atmosféricos” (Tapia, 2019, p.21).

Según, (Tapia,2019 , p.25), indica que a mayor velocidad de viento; a nivel del suelo, el contaminante se reduce ya que existe una mayor dilución y mezcla. Pueden producirse además acumulaciones progresivas del contaminante, cuando existen vientos de forma perpendicular; suele darse en edificios o en las crestas de las montañas.

### **2.11. ArcMap**

ArcMap, es un software que permite recopilar, organizar y visualizar información geográfica, esta herramienta ayuda a diseñar mapas temáticos, que contienen colecciones de capas. Está basado en el Sistema de Información Geográfico (SIG) y ayuda a la impresión de modelos cartográficos, visualización en 2D y 3D.

El método de IDW (Inverse Distance Weighting), utilizado para la realización de interpolaciones y obtener mapas de superficies de contaminación, se basa en el inverso de la distancia, asumiendo que los puntos que se encuentren cercanos entre ellos, tendrán valores más similares que aquellos que estén más alejados. Este método se caracteriza por ser rápido, obteniendo una idea general de una zona interpolada e identificando: zonas máximas y mínimas de concentraciones (Hernández, 2018, p.102).

### **2.12. SPSS**

Es una aplicación utilizada para realizar análisis estadísticos, permitiendo así consultar datos y formular hipótesis, con el fin, de relacionar variables e identificar tendencias. Este software ayuda a gestionar bases de datos, que se pueden procesar de forma dinámica, mediante la presentación de tablas o gráficas de resultados. Algunas ventajas al utilizar este programa son: se puede trabajar con una amplia extensión de datos o variables, donde sus cálculos son más exactos, permitiendo así el ahorro de tiempo y esfuerzo de los investigadores.

## CAPÍTULO III

### 3. MARCO METODOLÓGICO

#### 3.1. Tipo de investigación

El método de investigación tiene un enfoque cuantitativo, ya que se recopilaban datos mediante la utilización de muestreadores pasivos, las concentraciones de SO<sub>2</sub> y NO<sub>2</sub> se obtuvieron mediante valores numéricos, estos datos permitieron que el estudio tenga un alcance, de tipo descriptivo, donde se evaluó las concentraciones encontradas, durante el tiempo de monitoreo y se determinó las posibles causas y/o efectos, que se presenten si las concentraciones exceden los límites permisibles establecidos en el Acuerdo Ministerial 97A del 2015.

De acuerdo con el objetivo que se persigue, podemos decir que pertenece a una investigación práctica, ya que se aplicó, conocimientos previos, mediante la utilización de teorías y conocimientos ya planteados en estudios existentes, ayudando así a realizar una planificación del estudio, los resultados obtenidos de esta evaluación permitirán predecir la calidad del aire.

Según la manipulación de variables, este estudio es de tipo no experimental, ya que se mide los niveles de contaminación de SO<sub>2</sub> y NO<sub>2</sub>, sin alterar ninguna de las condiciones de la zona, además teniendo en cuenta el método empleado para la recolección de datos, el cual se aplica durante un periodo único y determinado de siete semanas es de tipo transversal.

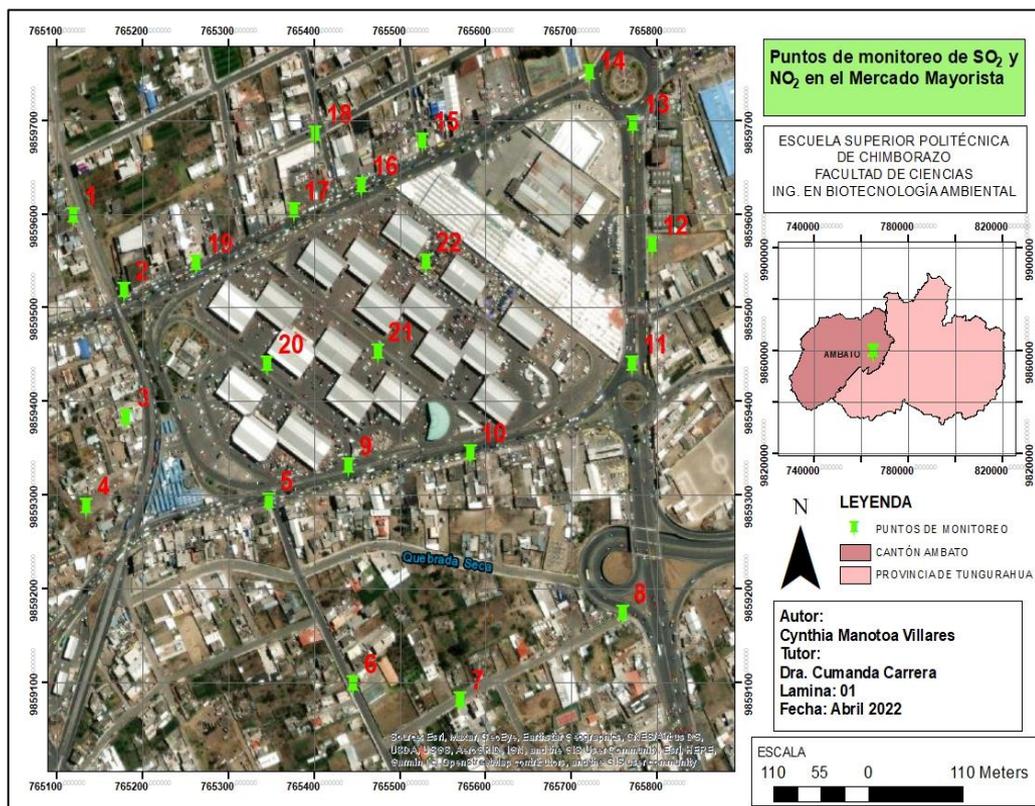
#### 3.2. Diseño de la investigación

##### 3.2.1. Localización del proyecto

El cantón Ambato, se encuentra localizado en la provincia de Tungurahua, ubicado a 2 678 m.s.n.m, se caracteriza por su topografía irregular, que presenta una serie de colinas, lomas y barrancos. Sus características meteorológicas, presentan valores promedios como; temperatura de 12,42 °C a 23,32 °C, humedad relativa de 41,98% a 99,99%, velocidad del viento 0m/s a 8,6 m/ (Red Hidrometeorológica de Tungurahua, 2021).

Ambato, es considerado como una ciudad dedicada al comercio, que cuenta con una gran variedad de industrias, por lo que tiene gran incidencia a nivel regional, ya que muchos de sus productos son distribuidos a diferentes lugares del país. Además gran parte de los habitantes del cantón, realizan actividades relacionadas con la ganadería y agricultura mismos productos que son comercializados en diferentes mercados de la ciudad.

El Mercado Mayorista de Ambato, se encuentra ubicado al sur de la ciudad. Delimitado por las Avenidas Julio Jaramillo, El Condor, Tres Carabelas y Bolivariana. Es considerado como una de los centros de abastecimientos más grandes del país, ya que suele distribuir diferentes productos agrícolas a diferentes provincias. Estas características comerciales, tiene como resultado que dentro de esta zona exista un elevado flujo vehicular y peatonal, en la Figura 1-3, se puede apreciar la localización y distribución de dicho mercado.



**Figura 1-3:** Puntos de monitoreo de SO<sub>2</sub> y NO<sub>2</sub> en el Mercado Mayorista de Ambato  
Realizado por: Manotoa, Cynthia, 2022.

### 3.2.2. Población de estudio, tamaño de la muestra y/o método de muestreo

La población u objeto de estudio seleccionada, es el Mercado Mayorista de Ambato, para lo cual se delimitó un radio de 300 m circundantes, donde podemos encontrar: avenidas de circulación vehicular, puestos comerciales y concurrencia de personas.

En cuanto al tamaño de la muestra, se seleccionaron 22 puntos de muestreo, los cuales fueron determinados mediante muestreo aleatorio simple, siguiendo criterios como mayor afluencia vehicular, infraestructura y puntos críticos. En la Tabla 1-3 se puede observar las coordenadas correspondientes a cada punto donde se colocó los muestreadores pasivos, que ayudaron a determinar las concentraciones de SO<sub>2</sub> y NO<sub>2</sub> en la zona.

**Tabla 1-3:** Coordenadas de puntos de monitoreo de SO<sub>2</sub> y NO<sub>2</sub>

<b>PUNTOS</b>	<b>Coordenadas en X</b>	<b>Coordenadas en Y</b>
1	765 119	9 859 595
2	765 179	9 859 516
3	765 181	9 859 380
4	765 134	9 859 285
5	765 348	9 859 290
6	765 446	9 859 095
7	765 571	9 859 078
8	765 761	9 859 171
9	765 441	9 859 328
10	765583	9 859 342
11	765 772	9 859 437
12	765 795	9 859 564
13	765 773	9 859 693
14	765 722	9 859 748
15	765 527	9 859 675
16	765 456	9 859 628
17	765 377	9 859 601
18	765 402	9 859 683
19	765 263	9 859 545
20	765 346	9 859 437
21	765 475	9 859 450
22	765 531	9 859 546

Realizado por: Manotoa, Cynthia, 2022.

### **3.2.3. Técnica de recolección de datos**

Para la elaboración del presente trabajo se utilizó varias técnicas con el fin de poder cumplir con los objetivos planteados, se realizó un trabajo de campo que permitió el muestreo de la zona con la utilización de muestreadores pasivos tanto para SO<sub>2</sub> como para NO<sub>2</sub>; uso de modelos matemáticos y revisión bibliografía.

### 3.2.4. Metodología para la recolección de concentración de SO<sub>2</sub> y NO<sub>2</sub> en el ambiente

Para la obtención de concentraciones de NO<sub>2</sub> y SO<sub>2</sub>, en el Mercado Mayorista de Ambato, se utilizó muestreadores pasivos, con tubos de 10cm de altura y 1,5cm de radio que contenían soluciones captadoras, se ha seleccionado este tipo de método, ya que los resultados que proporcionan son confiables y no son métodos costosos en comparación con otros métodos, que se utilizan en la evaluación de contaminantes atmosféricos.

#### 3.2.4.1. Preparación de soluciones captadoras para SO<sub>2</sub> y NO<sub>2</sub>

Esta etapa, se realizó en el laboratorio de investigación de la Facultad de Ciencias de la ESPOCH, donde se utilizó, una solución captadora a base de trietanolamina tanto para SO<sub>2</sub> y NO<sub>2</sub>, en Tabla 2-3, se detallan los materiales y reactivos.

**Tabla 2-3:** Materiales y reactivos para la preparación de solución captadora

Material	Reactivos
1 probeta de 250 ml	Trietanolamina
1 pera de succión	
1 pipeta de 10 ml	N- butanol
2 vasos de precipitación de 500 ml	
1 varilla de agitación	
44 tubos muestreadores	Agua destilada
1 Taípe negro	

Realizado por: Manotoa, Cynthia, 2022

**Procedimiento:** Tomar 250 ml de agua destilada y añadir 7,5 g de trietanolamina; a continuación añadir 1,5 ml de N-butanol que actúa como surfactante mezclar y diluir hasta 500 ml con agua destilada; finalmente se procede a colocar 3,5 ml de esta solución en cada tubo de muestreo. Esta solución se puede almacenar por un periodo de dos meses en una botella ámbar y bajo refrigeración (Manrique y Ossa, 2010: p.25).

#### 3.2.4.2. Colocación y exposición de muestreadores pasivos

Los muestreadores pasivos se colocaron en 22 puntos, a una altura de 2 a 3 m sobre el nivel del suelo, fueron sujetos con correas y dentro de casetas de aluminio.



**Figura 2-3:** Colocación de muestreados pasivo para  $\text{SO}_2$  y  $\text{NO}_2$   
**Realizado por:** Manotoa, Cynthia, 2022.



**Figura 3-3:** Colocación de muestreados pasivo para  $\text{SO}_2$  y  $\text{NO}_2$   
**Realizado por:** Manotoa, Cynthia, 2022.



**Figura 4-3:** Colocación de muestreados pasivo para  $\text{SO}_2$  y  $\text{NO}_2$   
**Realizado por:** Manotoa, Cynthia, 2022.



**Figura 5-3:** Colocación de muestreados pasivo para  $\text{SO}_2$  y  $\text{NO}_2$   
**Realizado por:** Manotoa, Cynthia, 2022.



**Figura 6-3:** Exposición de muestreados pasivo para SO<sub>2</sub> y NO<sub>2</sub>  
Realizado por: Manotoa, Cynthia, 2022.



**Figura 7-3:** Exposición de muestreados pasivo para SO<sub>2</sub> y NO<sub>2</sub>  
Realizado por: Manotoa, Cynthia, 2022.



**Figura 8-3:** Exposición de muestreados pasivo para SO<sub>2</sub> y NO<sub>2</sub>  
Realizado por: Manotoa, Cynthia, 2022.



**Figura 9-3:** Exposición de muestreados pasivo para SO<sub>2</sub> y NO<sub>2</sub>  
Realizado por: Manotoa, Cynthia, 2022.

Según (SERPRAM, 2019, p53), el tiempo de exposición de los muestreadores, puede variar desde meses a un par de horas.

Bajo este criterio el tiempo de exposición que se ha seleccionado es de siete días durante siete semanas, realizados en las siguientes fechas, como se muestra en la Tabla 3-3.

**Tabla 3-3:** Fechas de muestreo

Semanas	Fechas	
	Desde	Hasta
1	06/12/2021	13/12/2021
2	13/12/2021	20/12/2021
3	20/12/2021	27/12/2021
4	27/12/2021	03/01/2022
5	03/01/2022	10/01/2022
6	10/01/2022	17/01/2022
7	17/01/2022	24/01/2022

Realizado por: Manotoa, Cynthia, 2022.

#### 3.2.4.3. Análisis de muestreadores pasivos

**Tabla 4-3:** Análisis de muestreadores pasivos para SO<sub>2</sub> y NO<sub>2</sub>

	Material	Equipos	Reactivos
SO <sub>2</sub>	2 vasos de precipitación de 100 ml	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Balanza analítica</li> <li>• Agitador magnético</li> <li>• Cámara extractora de gases</li> <li>• Espectrofotómetro UV</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cloruro de bario</li> <li>• Ácido clorhídrico</li> <li>• Agua destilada</li> </ul>
	1 probeta de 25 ml		
	1 pipeta de 10 ml		
	1 pera de succión		
	1 espátula		
NO <sub>2</sub>	3 vasos de precipitación de 100 ml	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Balanza analítica</li> <li>• Agitador magnético</li> <li>• Cámara extractora de gases</li> <li>• Espectrofotómetro UV</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Naftilamina</li> <li>• Ácido sulfanílico</li> <li>• Ácido acético</li> <li>• Agua destilada</li> </ul>
	1 probeta de 25 ml		
	1 pipeta de 10 ml		
	1 pera de succión		
	1 espátula		
	1 varilla de agitación		

Realizado por: Manotoa, Cynthia, 2022.

**Procedimiento para la determinación de SO<sub>2</sub>:** Con el fin de formar sulfatos de bario en la muestra tomada, se hace reaccionar con una solución saturada de cloruro de bario, para ello se pesa 6 g de cloruro de bario, que se mezclan con 25 ml de agua destilada, a continuación se procede a colocar en cada tubo 1 ml de la solución saturada y 0,5 ml de ácido clorhídrico.

Se deja reposar durante 5 minutos para que se dé la reacción y finalmente se determina la absorbancia a 420nm de longitud de onda con la ayuda del espectrofotómetro UV (Cifuentes, 2014, p.37).

**Procedimiento para la determinación de NO<sub>2</sub>:** Haciendo uso de colorimetría para identificar la presencia de dióxido de nitrógeno, se procede: a) Pesar 0,4 g de Naftilamina y diluir con 80 ml de ácido acético, b) pesar 0,64 g de ácido sulfanílico y diluir en 80 ml de ácido acético.

Una vez obtenidas estas dos soluciones se procede a colocar 1 ml de cada una de estas, en las muestras recolectadas, como resultado se puede observar un color rosado de tonalidad clara u oscura, finalmente se determina la absorbancia a 540nm de longitud de onda con la ayuda del espectrofotómetro UV (Periago, 2008; citado en Bermeo y Vega, 2017).

### 3.2.5. Cálculos de concentración de SO<sub>2</sub>

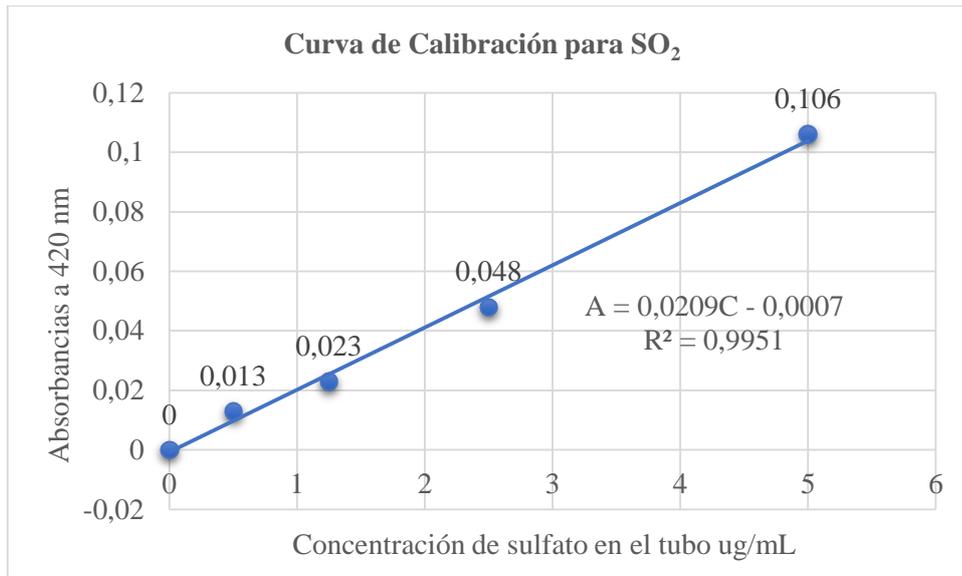
Para conocer la concentración de SO<sub>2</sub> en los tubos muestreadores, se usa una curva de calibración la cual se detalla a continuación.

**Tabla 5-3:** Concentración de sulfatos y absorbancias utilizadas para la elaboración de la curva de calibración de SO<sub>2</sub>.

DISOLUCIÓN ESTÁNDAR	CONCENTRACIÓN DE SULFATO EN EL TUBO (ug/ml)	ABSORBANCIA A 420 nm
A	0,50	0,013
B	1,25	0,023
C	2,50	0,048
D	5,00	0,106
E	0	0

Fuente: Cifuentes, 2014, p.48.

Realizado por: Manotoa, Cynthia, 2022.



**Gráfico 1-3.** Curva de calibración para SO<sub>2</sub>

**Fuente:** Bermeo y Vega, 2017: p. 40.

**Realizado por:** Manotoa, Cynthia, 2022.

Mediante el uso de la ecuación de la recta que se obtiene (Ecuación 2-3), de la curva de calibración de SO<sub>2</sub>, se encuentra la concentración de las muestras recolectadas durante el monitoreo.

$$y = m \cdot C_A + b \quad (\text{Ecuación 1-3})$$

**Donde:** (y) equivale a la absorbancia (A) obtenida de cada muestra, (m) es la pendiente de la recta, (C<sub>A</sub>) concentración del analito, (b) es la ordenada al origen (Ibarlucia, 2016, p.23).

$$A = 0,0209 \cdot C_{(SO_2)} - 0,0007 \quad (\text{Ecuación 2-3})$$

Con los valores obtenidos de la ordenada al origen 0,0007 y de la pendiente 0,0209, se procede a despejar la variable (y) que correspondiente a la concentración del analito que se quiere hallar.

$$C_{SO_2} = \frac{A_{420nm} + b}{m} \quad (\text{Ecuación 3-3})$$

$$C_{SO_2} = \frac{A_{420nm} + 0,0007}{0,0209} \quad (\text{Ecuación 4-3})$$

Al obtener las concentraciones de analito con la (Ecuación 4-3), se calcula la masa de sulfatos que fue captada en los tubos muestreadores, para ello se utiliza la siguiente ecuación (Cifuentes, 2014, p.38).

$$m (\mu\text{g}) = C_{\text{SO}_2} \left( \frac{\mu\text{g}}{\text{ml}} \right) \cdot V (\text{ml}) \quad (\text{Ecuación 5-3})$$

**Donde:** (m) es la masa de sulfatos, (V) volumen del reactivo de color añadido a la muestra, ( $C_{\text{SO}_2}$ ) concentración del analito.

Una vez obtenida la masa de sulfatos, podemos calcular la concentración de  $\text{SO}_2$  en el ambiente con la siguiente ecuación (Cifuentes, 2014, p.38).

$$C_A (\text{ug}/\text{m}^3) = \frac{m_{\text{SO}_2} (\mu\text{g})}{Q_k \left( \frac{\text{min}}{\text{ml}} \right) \cdot t (\text{min})} \cdot 1000000 \quad (\text{Ecuación 6-3})$$

**Donde:** ( $C_A$ ) concentración de  $\text{SO}_2$  ambiental, ( $m_{\text{SO}_2}$ ) masa de sulfatos, ( $Q_k = 119 \text{ min/ml}$ ) frecuencia de muestreo, (t) tiempo de exposición del muestreador pasivo (Fondazione, 2006; citado en Cifuentes, 2014).

### 3.2.6. Cálculos de concentración de $\text{NO}_2$

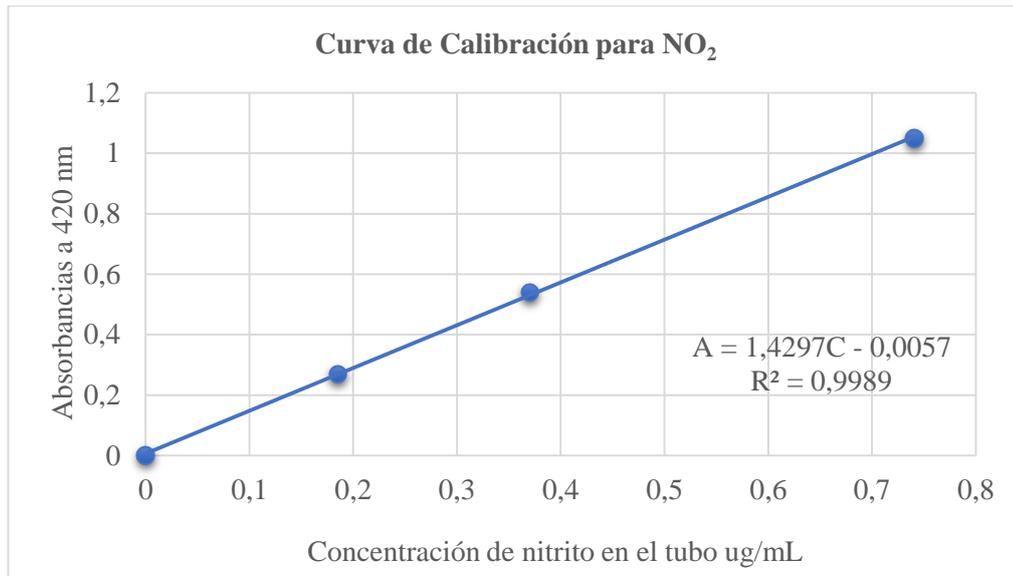
Para conocer la concentración de  $\text{NO}_2$  en los tubos muestreadores, se usa una curva de calibración la cual se detalla a continuación.

**Tabla 6-3:** Concentración de nitritos y absorbancias utilizadas para la elaboración de la curva de calibración de  $\text{NO}_2$ .

DISOLUCIÓN ESTÁNDAR	CONCENTRACIÓN CALIBRACIÓN ESTÁNDAR (ug/ml)	CONCENTRACIÓN DE NITRITO EN EL TUBO (ug/ml)	ABSORBANCIA A 540 nm
A	60	0,741	1,05
B	30	0,37	0,54
C	15	0,185	0,27
D	0	0	0

**Fuente:** Borge, et al., 2015; citado en Bermeo y Vega, 2017.

**Realizado por:** Manotoa, Cynthia, 2022.



**Gráfico 2-3.** Curva de calibración para NO<sub>2</sub>

**Fuente:** Borge, et al., 2015; citado por Bermeo y Vega, 2017: p. 37.

**Realizado por:** Manotoa, Cynthia, 2022.

Mediante el uso de la ecuación de la recta obtenida (Ecuación 7-3), de la curva de calibración de NO<sub>2</sub>, se encuentra la concentración de las muestras obtenidas durante el monitoreo.

$$y = 1,4297 \cdot C_{(\text{NO}_2)} - 0,0057 \quad (\text{Ecuación 7-3})$$

Con estos valores obtenidos de la ordenada al origen 0,0057 y de la pendiente 1,4297, se procede a despejar la variable (y) que correspondiente a la concentración del analito que se quiere hallar.

$$C_{\text{NO}_2} = \frac{A_{540\text{nm}} + b}{m} \quad (\text{Ecuación 8-3})$$

$$C_{\text{NO}_2} = \frac{A_{540\text{nm}} + 0,0007}{0,0209} \quad (\text{Ecuación 9-3})$$

Al obtener las concentraciones de analito con la (Ecuación 9-3), se calcula la masa de nitritos que fue captada en los tubos muestreadores, para ello se utiliza la siguiente ecuación (Cifuentes, 2014, p.35).

$$m (\mu\text{g}) = C_{\text{NO}_2} \left( \frac{\mu\text{g}}{\text{ml}} \right) \cdot V (\text{ml}) \quad (\text{Ecuación 10-3})$$

**Donde:** (m) es la masa de sulfatos, (V) volumen del reactivo de color añadido a la muestra, (C<sub>NO<sub>2</sub></sub>) concentración del analito.

Una vez obtenida la masa de nitritos, podemos calcular la concentración de NO<sub>2</sub> en el ambiente con la siguiente ecuación.

$$C_A(\text{ug}/\text{m}^3) = \frac{m_{\text{NO}_2} (\mu\text{g}) \cdot 1 (\text{m})}{D_{12} \left(\frac{\text{m}^2}{\text{s}}\right) \cdot A (\text{m}^2) \cdot t (\text{s})} \quad (\text{Ecuación 11-3})$$

**Donde:** (C<sub>A</sub>) concentración de NO<sub>2</sub> ambiental, (m<sub>NO<sub>2</sub></sub>) masa de nitritos, (D<sub>12</sub>) coeficiente de difusión, (t) tiempo de exposición del muestreador pasivo (Cueva, 2017, p.43).

El coeficiente de difusión para el NO<sub>2</sub> en el aire es de 1,36 · 10<sup>-5</sup> a 0 °C y 1 atmósfera, misma que depende de la temperatura ambiente.

$$D_{12}(\text{m}^2/\text{s}) = 1,36 \cdot 10^{-5} \cdot \left(\frac{T(\text{K})}{273}\right)^{1,81} \quad (\text{Ecuación 12-3})$$

### 3.2.7. Corrección de datos de concentración obtenidas de SO<sub>2</sub> y NO<sub>2</sub>

Una vez realizados los cálculos descritos anteriormente, se procede a realizar una corrección de las concentraciones obtenidas, como se indica en el Acuerdo Ministerial 097A del 2015, en el Libro VI, Anexo 3 de la Calidad del Aire, ya que dependen de las condiciones de la zona, por lo que se utiliza la siguiente fórmula.

$$C_c (\text{ug} / \text{m}^3) \rightarrow C_A * \frac{760 (\text{mm Hg})}{PA (\text{mm Hg})} \cdot \frac{(273,15+T^\circ\text{C}) * k}{298 \text{ k}} \quad (\text{Ecuación 13-3})$$

**Donde:** (C<sub>c</sub>) concentraciones corregidas de SO<sub>2</sub> y NO<sub>2</sub>, (C<sub>A</sub>) concentraciones obtenidas, (PA) presión atmosférica, (T) temperatura local.

**Tabla 7-3:** Datos de temperatura y presión utilizados para corregir las concentraciones de SO<sub>2</sub> y NO<sub>2</sub>

DATOS	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 5	Semana 6	Semana 7
Temperatura (k)	287,707	287,536	287,179	288,550	289,636	289,590	289,080
Presión (mm Hg)	541,900	541,900	541,900	541,900	541,900	541,900	541,900

**Fuente:** H. Gobierno Provincial de Tungurahua, 2022.

**Realizado por:** Manotoa, Cynthia, 2022.

En la Tabla 6-3, se detalla los datos promedio, por semana de parámetros de temperatura y presión que fueron utilizados, para la corrección de datos de concentraciones de SO<sub>2</sub> y NO<sub>2</sub>, estos datos fueron proporcionados por el Honorable Gobierno Provincial de Tungurahua.

### **3.3. Mapas Temáticos**

Partiendo de las concentraciones obtenidas de dióxido de azufre y dióxido de nitrógeno, durante el tiempo de monitoreo, se elabora mapas de dispersión. (Cuadros, 2021, p.34) menciona que estos modelos de dispersión de contaminantes atmosféricos son utilizados para predecir la concentración con respecto al viento, de contaminantes que son emitidos por fuentes como industrias y parque automotor, por ello, se considera esta herramienta de gran ayuda para estudios relacionados con impacto ambiental. Con el fin de conocer el comportamiento que presentan en cada punto de monitoreo, se empleó el software ArcMap 10.3.

A partir de la base de datos de Excel, donde previamente se almaceno la información respecto a la ubicación geográfica de los puntos de monitoreo en coordenadas UTM y concentraciones que se han obtenido de los dos contaminantes, dicha información fue proyectada en el programa ArcMap, mediante la generación de un shapefile de los 22 puntos.

Con la ayuda de la herramienta IDW, se realizó una interpolación de los datos de concentración de los contaminantes obtenidos, posteriormente seleccionamos la herramienta Kringing, con el fin de validar los datos, como resultado se obtendrá un archivo de tipo ráster que presenta la dispersión de los contaminantes en cada punto, posteriormente se procedió a editar, seleccionando la escala colorimétrica con la finalidad de obtener una mejor apreciación de las emisiones.

### **3.4. SPSS**

Mediante la utilización del *software* SPSS (*Statistical Package for the Social Sciences*) versión 21, se realizó pruebas de normalidad, a fin de conocer si las concentraciones de los dos contaminantes, siguen o no una distribución normal para ello se aplicó la prueba de *Kolmogorov-Smirnov*, que es utilizada en pruebas pequeñas, y se basa en la probabilidad de variables aleatorias continuas.

Posteriormente se realizó un análisis de Varianza con un factor (ANOVA), para determinar la existencia o no de diferencias significativas, entre las semanas de monitoreo de los contaminantes SO<sub>2</sub> y NO<sub>2</sub> obtenidas.

## CAPÍTULO VI

### 4. RESULTADOS

#### 4.1. Concentraciones de SO<sub>2</sub> y NO<sub>2</sub>

Una vez aplicadas las fórmulas antes descritas en el Capítulo III, se obtienen las concentraciones de Dióxido de Azufre y Dióxido de nitrógeno.

**Tabla 1-4:** Concentraciones de Dióxido de Azufre

Concentración Ambiente Medida de SO <sub>2</sub> (µg/m <sup>3</sup> )							
Punto	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 5	Semana 6	Semana 7
P1	17,045	1,004	15,519	27,879	2,701	10,572	1,022
P2	10,788	7,889	18,265	25,437	1,175	1,657	1,633
P3	17,350	6,668	17,655	24,674	4,227	2,435	1,175
P4	8,957	2,760	17,960	27,421	8,499	5,068	10,941
P5	5,753	1,022	20,097	24,979	4,379	11,171	3,159
P6	4,990	9,262	15,519	29,405	3,159	3,572	5,448
P7	5,448	5,295	11,551	27,268	1,785	2,734	2,396
P8	10,331	11,246	13,077	41,460	3,922	3,752	5,448
P9	9,568	17,502	17,350	31,694	2,701	3,512	6,668
P10	6,058	3,922	19,486	30,320	6,211	4,769	1,328
P11	5,448	2,243	21,317	1,938	11,094	4,350	4,837
P12	3,922	1,938	21,317	2,243	6,363	7,461	5,600
P13	9,873	2,243	22,233	9,262	13,840	1,717	1,143
P14	13,230	3,006	26,811	23,301	7,126	3,452	4,227
P15	6,363	2,091	23,911	19,791	15,976	1,598	3,769
P16	8,805	3,311	22,080	22,080	4,532	1,478	1,633
P17	19,028	1,807	25,437	4,837	16,739	6,743	1,022
P18	5,142	3,616	24,674	16,739	14,908	3,393	3,006
P19	16,892	8,042	27,879	15,061	10,941	3,931	2,548
P20	2,091	10,025	27,421	15,519	10,941	7,222	13,382
P21	3,769	3,922	26,048	24,217	16,739	3,213	8,194
P22	19,028	4,532	33,067	11,094	18,723	8,418	2,091

Realizado por: Manotoa, Cynthia, 2022.

**Tabla 2-4:** Concentraciones de Dióxido de Nitrógeno

Concentración Ambiente Medida de NO <sub>2</sub> (µg/m <sup>3</sup> )							
Punto	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 5	Semana 6	Semana 7
P1	22,031	18,256	7,323	9,259	10,740	23,537	20,293
P2	24,498	28,088	12,922	11,257	16,253	29,051	30,290
P3	4,844	13,787	6,651	9,259	19,566	21,325	20,736
P4	22,213	32,557	12,250	9,037	14,709	32,745	15,203
P5	19,352	10,435	10,459	9,925	19,120	24,940	12,001
P6	15,111	4,179	5,756	3,264	8,975	24,860	15,203
P7	11,317	22,055	5,084	11,035	7,211	29,492	12,990
P8	16,227	24,005	6,875	6,594	13,827	23,095	29,205
P9	31,182	33,792	7,995	7,704	18,899	15,375	58,477
P10	23,370	45,078	9,115	11,035	19,340	24,860	51,774
P11	29,620	31,440	13,370	14,809	21,325	28,169	42,201
P12	19,856	12,893	10,907	9,259	13,607	16,698	21,138
P13	13,433	11,105	8,667	6,594	18,899	10,301	24,709
P14	17,120	26,524	9,787	11,479	41,172	36,992	28,038
P15	27,834	16,692	7,771	5,706	28,823	12,507	20,072
P16	33,414	10,435	12,250	11,923	25,294	29,051	13,211
P17	31,852	19,820	8,891	7,704	26,618	43,830	40,652
P18	17,120	16,692	4,636	9,037	20,222	10,963	24,055
P19	10,647	18,032	10,459	6,150	17,797	22,213	28,923
P20	23,147	32,022	9,787	7,927	14,268	22,543	41,048
P21	24,933	27,728	9,339	12,367	12,724	31,216	20,514
P22	26,049	8,871	3,292	9,259	29,705	62,360	28,481

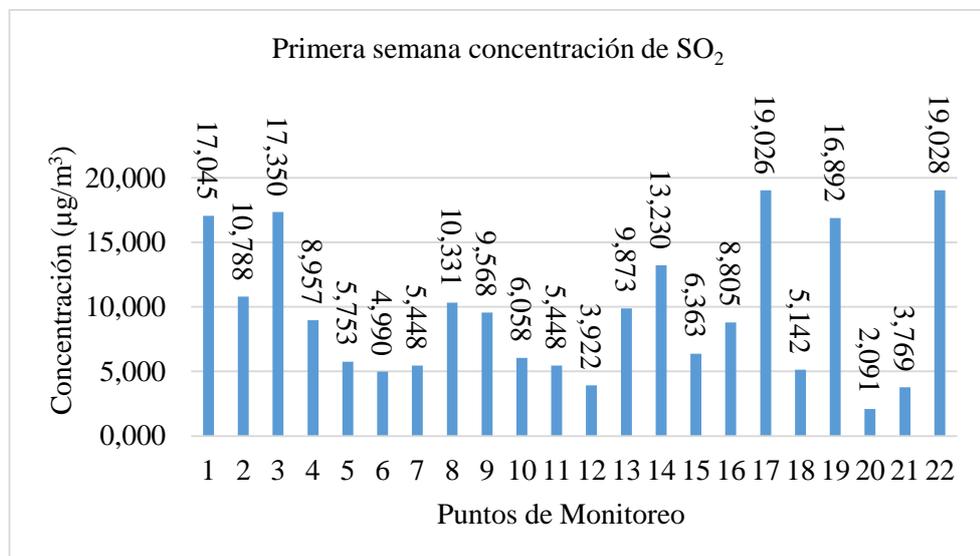
Realizado por: Manotoa, Cynthia, 2022.

En la Tabla 1-4 y Tabla 2-4, se muestra las diferentes concentraciones de SO<sub>2</sub> y NO<sub>2</sub>, para su obtención se llevó a cabo monitoreos en un periodo de 7 semanas, iniciando el 06 de diciembre de 2021 hasta el 17 de enero de 2022, donde se colocó 44 muestreadores pasivos en total, 22 para SO<sub>2</sub> y 22 para NO<sub>2</sub> mismos que fueron distribuidos dentro de la zona de estudio, (García et al., 2013, p.82) indica que estos dos contaminantes en el ambiente actúan como precursores de la lluvia ácida ya que al interactuar con la luz solar y la humedad generan especies como el ácido sulfúrico y nítrico; que llegan afectar a los ecosistemas y a la salud de los individuos.

Se realizó, un análisis semanal y promedio de los datos obtenidos donde se hace una comparativa de las concentraciones obtenidas con lo citado en los límites permisibles del Acuerdo Ministerial 097A del 2015, que establece que las concentraciones de dióxido de nitrógeno no deben exceder los rangos anuales de 40  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  aplicado en muestreo pasivo, en cuanto para el dióxido de azufre indica que estos no deben superar valores en una hora de 60  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  considerado en muestreo pasivo.

## 4.2. Concentración semanal de Dióxido de Azufre

### 4.2.1. Primera semana de monitoreo para dióxido de azufre



**Gráfico 1-4.** Concentraciones de SO<sub>2</sub> registradas en la semana 01 de monitoreo en el EP- Mercado Mayorista de Ambato.

Realizado por: Manotoa, Cynthia, 2022.

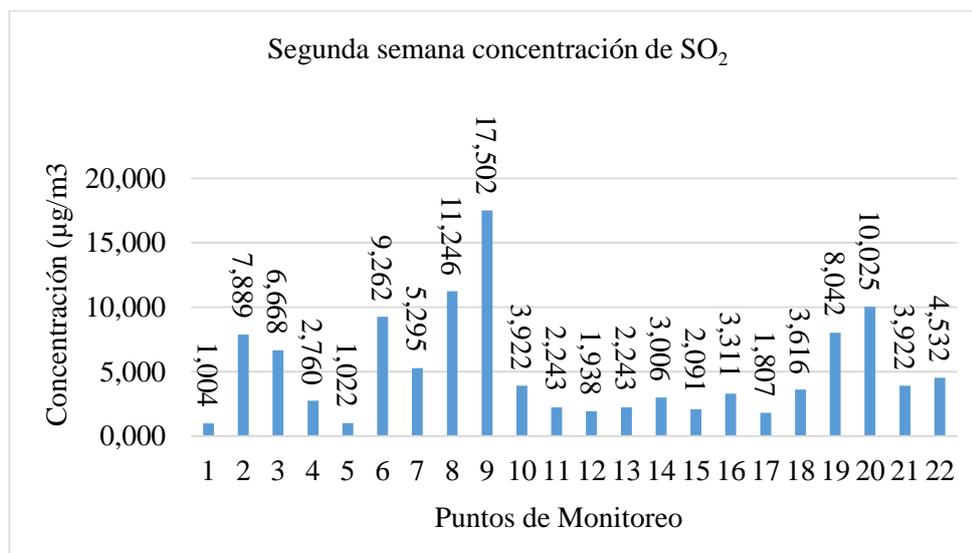
En el Gráfico 1-4, se puede observar las concentraciones de dióxido de azufre presentadas durante la primera semana, realizada del 06 al 12 de diciembre del 2021; durante este periodo se presentó una temperatura promedio de 14,56 °C.

El valor más bajo de dióxido de azufre, se obtuvo en el punto P20, ubicado dentro de las instalaciones del Mercado Mayorista, con una concentración de 2,091  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , por lo que, podemos asumir que durante este periodo no existió mayor flujo vehicular, al igual que el punto P2 ubicado en el interior del Mercado, como se menciona en el estudio realizado por (Cueva, 2017, p.50) donde indica que las concentraciones bajas de SO<sub>2</sub> se deben a la poca afluencia vehicular y poca actividad industrial de la zona.

A diferencia del punto P22, ubicado dentro de las instalaciones del Mercado en la vía que conduce a la salida número 3, donde circulan los vehículos y camiones hacia la Av. Julio Jaramillo,

presenta la concentración más alta durante esta semana con 19,028  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , además el punto P17 contiene una concentración similar al punto P22 de 19,026  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  esta fue ubicada en la Av. El Condor, misma que se caracteriza por la presencia de comerciantes informales que ofrecen sus productos, esto produce desorden público dando lugar a las aglomeraciones de personas, motocicletas y vehículos livianos y pesados.

#### 4.2.2. Segunda semana de monitoreo para dióxido de azufre



**Gráfico 2-4.** Concentraciones de SO<sub>2</sub> registradas en la semana 02 de monitoreo en el EP- Mercado Mayorista de Ambato  
Realizado por: Manotoa, Cynthia, 2022.

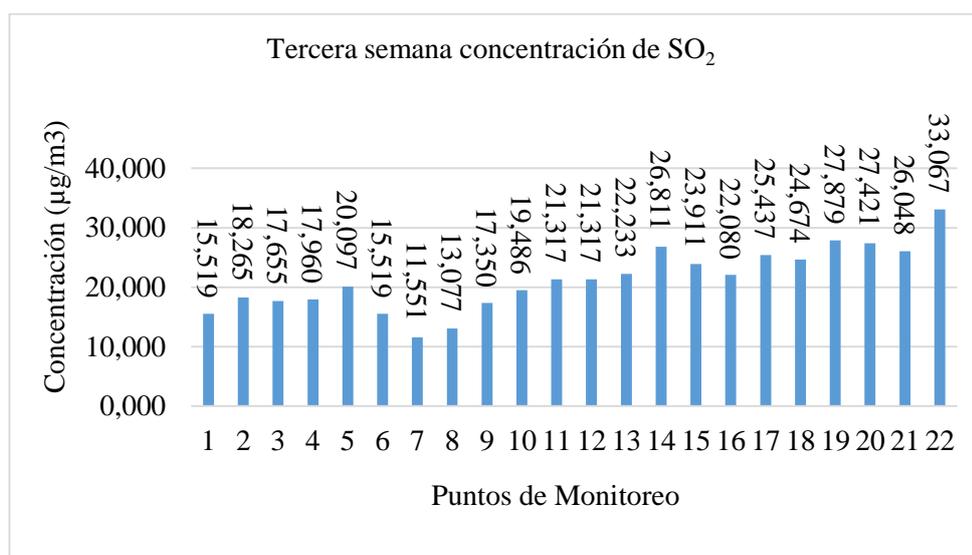
En el Gráfico 2-4, se puede observar las concentraciones de dióxido de azufre presentadas durante la segunda semana, (13 al 19 de diciembre del 2021); durante este periodo se presentó una temperatura promedio de 14,39 °C.

En esta semana se observa niveles bajos de concentración, esto puede deberse a que durante el mes de diciembre de 2021, hasta el 23 de enero del 2022, “El Comité de Operaciones de Emergencia (COE) cantonal, estableció la restricción vehicular en horarios de 23:00 a 5:00AM, debido al incremento de casos de la *Covid-19* y la aparición de la variante *Ómicron*” según (Moreta, 2022).

Sin embargo la concentración más baja presentada en esta semana se dio en el punto P1 con un valor de 1,004  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  que fue ubicado en la Av. Tres Carabelas por lo que podemos deducir que durante este periodo no existió un alto flujo vehicular ya que como menciona (Bermeo y Vega, 2018: p.54) en su estudio sobre “Evaluación de Contaminantes Atmosféricos en los Principales mercados de la ciudad de Riobamba”, donde las principales fuentes de emisión del SO<sub>2</sub> se dan por la combustión de fósiles que contienen azufre, y estas pueden llegar afectar de forma negativa a la salud de las personas.

En cuanto al punto P9 ubicado en la Av. Julio Jaramillo junto a la entrada 2 del Mercado Mayorista de Ambato, presentan la concentración más alta de esta semana con un valor de 17,502  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , por lo que podemos asumir que existió la presencia de vehículos y camiones que ingresaban al Mercado como indica (Chicaiza, 2019) que en esta zona suelen darse las aglomeraciones de camiones de carga, vehículos pequeños y camionetas para poder ingresar a las instalaciones del Mercado.

#### 4.2.3. Tercera semana de monitoreo para dióxido de azufre



**Gráfico 3-4.** Concentraciones de SO<sub>2</sub> registradas en la semana 03 de monitoreo en el EP- Mercado Mayorista de Ambato

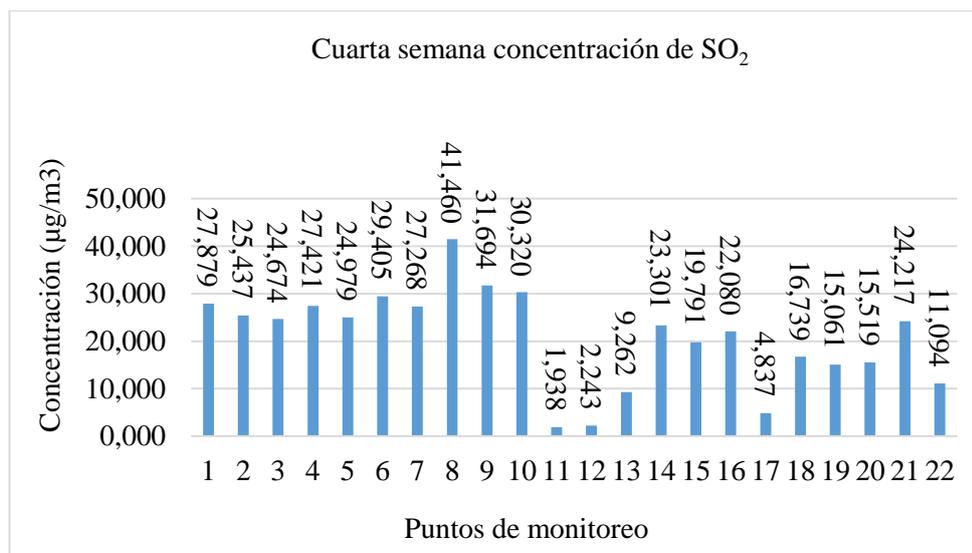
Realizado por: Manotoa, Cynthia, 2022.

En el Gráfico 3-4, se puede observar las concentraciones de dióxido de azufre presentadas durante la tercera semana que fue realizada del 20 hasta el 26 de diciembre del 2021, durante este periodo se presentó una temperatura promedio de 14,03 °C.

La concentración mínima presentada fue en el punto P7, con un valor de 11,551  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  esto se debe a que este punto fue colocado en las afueras del Mercado Mayorista en la calle Carsino Duran, que se encuentra ubicada como calle secundaria, por lo que podemos atribuir la escasa presencia de vehículos durante esta semana, sin embargo, en el punto P22 se presenta la concentración más alta con un valor de 33,067  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  este resultado fue similar al que se obtuvo la primera semana por lo que se asume que en esta zona existió presencia de vehículos y camiones que circulaban dentro del Mercado.

Como menciona (Bermeo y Vega, 2018, p.63) que la presencia de elevadas concentraciones de SO<sub>2</sub> se debe a que existe un alto comercio y esto implica un mayor tráfico vehicular. (Villafuerte, 2021) menciona que el Mercado Mayorista de Ambato al ser uno de los centros de acopio más grandes del país recibe un promedio de cinco mil vehículos, que ocasionan congestión alrededor de las instalaciones del Mercado.

#### 4.2.4. Cuarta semana de monitoreo para dióxido de azufre



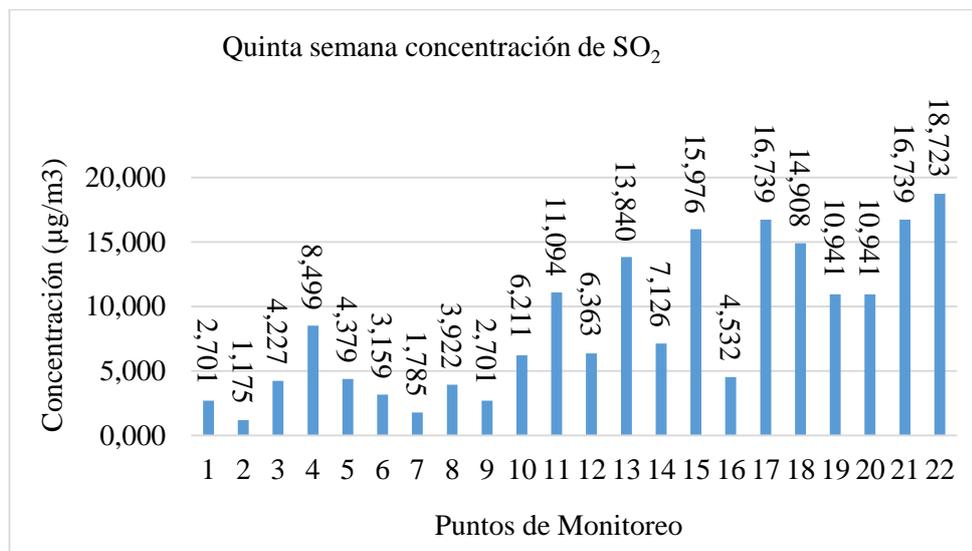
**Gráfico 4-4.** Concentraciones de SO<sub>2</sub> registradas en la semana 04 de monitoreo en el EP- Mercado Mayorista de Ambato

Realizado por: Manotoa, Cynthia, 2022.

En el Gráfico 4-4, se puede observar las concentraciones de dióxido de azufre presentadas durante la cuarta semana realizada entre el 27 de diciembre de 2021 hasta el 02 de enero del 2022, con una temperatura promedio de 15,40 °C.

La concentración mínima registrada durante esta semana se dio en los punto P11 y P12, con valores de 1,938 µg/m<sup>3</sup> y 2,243 µg/m<sup>3</sup>, respectivamente los cuales fueron ubicados en la avenida Bolivariana por lo que podemos deducir que no se presentó gran afluencia vehicular durante esta semana, al contrario del punto P8 el cual presentó un valor de 41,460 µg/m<sup>3</sup> de concentración, según (Tapia, 2019, p.4) menciona que las principales fuentes de dióxido de azufre son los procesos industriales, combustión vehicular. Debemos señalar que a niveles altos de exposición de SO<sub>2</sub> pueden generarse problemas respiratorios en las personas y agravar enfermedades cardiovasculares.

#### 4.2.5. Quinta semana de monitoreo para dióxido de azufre



**Gráfico 5-4.** Concentraciones de SO<sub>2</sub> registradas en la semana 05 de monitoreo en el EP- Mercado Mayorista de Ambato

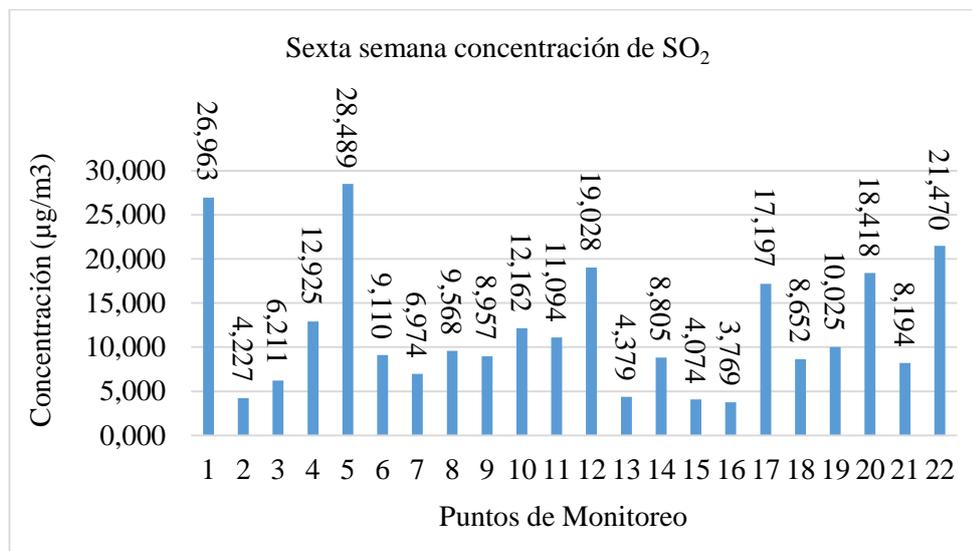
Realizado por: Manotoa, Cynthia, 2022.

En el Gráfico 5-4, se puede observar las concentraciones de dióxido de azufre presentadas durante la quinta semana, realizada desde el 03 hasta el 09 de enero del 2022, con una temperatura promedio de 16,49 °C.

La concentración mínima registrada durante esta semana fue en el punto P2, con un valor de 1,175 µg/m<sup>3</sup>, mismo que fue ubicado entre la intersección de las avenidas El Condor y Tres Caraberas, por lo que podemos asumir que no existió un alto flujo vehicular o presencia de industrias como se indica en el estudio realizado en la zona industrial de la vía Costa – Guayaquil empleado muestreadores pasivos para la obtención de concentraciones de SO<sub>2</sub> y NO<sub>2</sub> realizado por (Cueva, 2017, p.58).

El punto con mayor concentración fue el P22, con un valor de 18,723 µg/m<sup>3</sup>, ubicado dentro del mercado Mayorista dentro de la nave 3 la cual es considerada como la más grande donde se da la comercialización de diferentes productos tanto de la sierra como de la costa por lo cual la gente acude con mayor frecuencia a esta zona además muchos de los vehículos que circulan por esta calle son aquellos que quieren salir de las instalaciones del mercado hacia la Av. Julio Jaramillo según (Tapia, 2019, p.1), señala que el cantón Ambato abastece de productos agrícolas en su mayor, como consecuencia existe gran flujo vehicular lo que genera una mayor concentración de contaminantes en el aire de esta zona.

#### 4.2.6. Sexta semana de monitoreo para dióxido de azufre



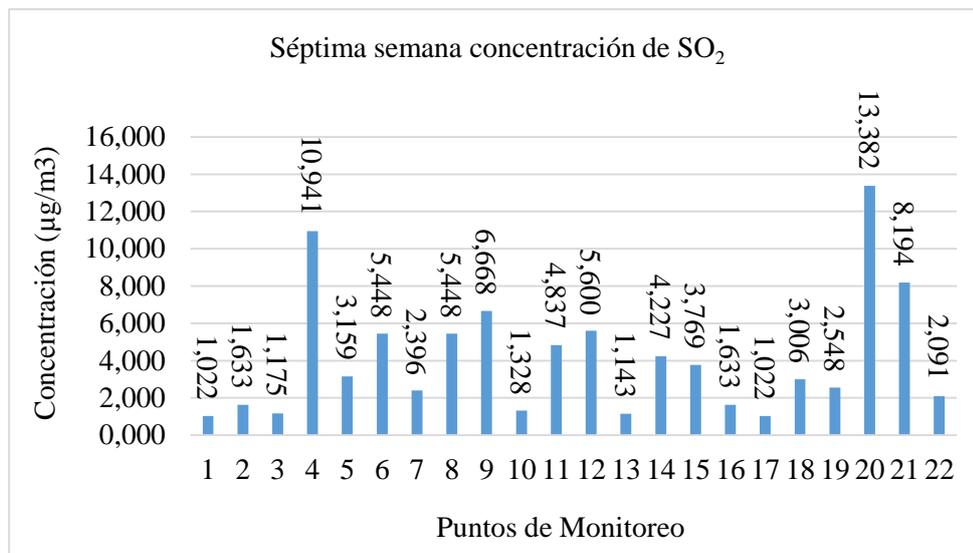
**Gráfico 6-4.** Concentraciones de SO<sub>2</sub> registradas en la semana 06 de monitoreo en el EP- Mercado Mayorista de Ambato

Realizado por: Manotoa, Cynthia, 2022.

En el Gráfico 6-4, se puede observar las concentraciones de dióxido de azufre presentadas durante la quinta semana realizada desde el 10 hasta el 16 de enero del 2022, con una temperatura promedio de 16,44 °C.

La concentración mínima registrada durante esta semana fue en el punto P15, con un valor de 4,074 µg/m<sup>3</sup>, ubicado en la Av. El Condor, asumiendo así que durante esta semana no éxito en esta zona gran flujo vehicular, como menciona en el estudio de (Cueva, 2017, p.57) que además de la ausencia de empresas que puedan generar contaminación se puede obtener menores concentraciones cuando existe una dilución del contaminante atmosférico en la pluma de emisión. Sin embargo en el punto P5, se observa la mayor concentración durante esta quinta semana con un valor de 28,489 µg/m<sup>3</sup>, el mismo que fue ubicado en la Av. Julio Jaramillo esto se debe a la presencia de vehículos, camiones, taxis y motos que circulan por la zona basándonos en estudios desarrollados por (Molina y Jimenez, 2015: p.84) menciona que las elevadas concentraciones de dióxido de azufre registradas en su estudio se debió a la presencia de tráfico vehicular en zonas urbanas ocupan las concentraciones más elevadas.

#### 4.2.7. Séptima semana de monitoreo para dióxido de azufre



**Gráfico 7-4.** Concentraciones de SO<sub>2</sub> registradas en la semana 07  
Realizado por: Manotoa, Cynthia, 2022.

En el Gráfico 7-4, se puede observar las concentraciones de dióxido de azufre presentadas durante la quinta semana realizada desde el 17 hasta el 23 de enero del 2022, con una temperatura promedio de 15,93 °C.

La menor concentración obtenida en esta semana se dio en el punto P1, el cual fue ubicado en la Av. Tres Carabelas, por lo que asumimos que no se presentó durante esta semana alta afluencia vehicular en esta zona, obteniendo una concentración de 1,022 µg/m<sup>3</sup> esta zona se caracteriza por la baja presencia de personas durante el estudio se pudo identificar que los vehículos que circulaban esta zona pertenecían a los moradores o dueños de viviendas del sector por lo que podemos asumir la presencia de esta baja concentración presentada durante esta semana.

Sin embargo la mayor concentración durante esta semana se dio en el punto P20, el cual fue ubicado dentro de las instalaciones del Mercado en la primera nave donde se da la comercialización de productos de la zona en su mayor parte de frutas además muchos de los vehículos ingresan por esta calle por lo que se presentó una concentración de 13,382 µg/m<sup>3</sup> atribuyendo así al comercio de productos por lo que se generan mayor circulación vehicular así como menciona (Cueva, 2017, p.61) en su estudio donde atribuye la obtención de altos niveles de SO<sub>2</sub> al alto tráfico vehicular que puede existir en las actividades industriales o productivas.

### 4.3. Concentraciones máxima y promedio de Dióxido de azufre

**Tabla 3-4:** Concentraciones máximas y promedio de SO<sub>2</sub> en el EP Mercado Mayorista de Ambato

<b>PUNTOS</b>	<b>Concentración máxima corregida (µg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>Concentración promedio corregida (µg/m<sup>3</sup>)</b>
P1	27,879	14,451
P2	25,437	13,306
P3	24,674	12,925
P4	27,421	14,145
P5	24,979	13,001
P6	29,405	16,282
P7	27,268	14,527
P8	41,460	22,691
P9	31,694	17,197
P10	30,320	15,824
P11	21,317	11,628
P12	21,317	11,608
P13	22,233	11,475
P14	26,811	14,908
P15	23,911	13,001
P16	22,080	11,856
P17	25,437	13,077
P18	24,674	13,840
P19	27,879	15,214
P20	27,421	14,756
P21	26,048	14,908
P22	33,067	17,579

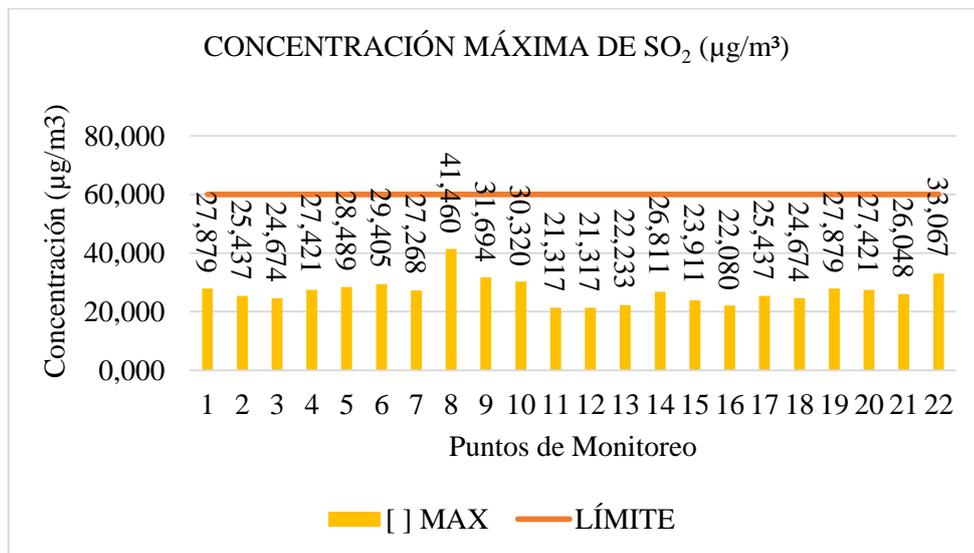
Realizado por: Manotoa, Cynthia, 2022.

En la Tabla 3-4, se observa las concentraciones máximas de dióxido de azufre, alcanzadas en los 22 puntos monitoreados que se llevó a cabo durante 7 semanas, donde se evidencia que los resultados obtenidos fueron similares a los obtenidos por (Cueva, 2017, p.56) en su “Estudio de SO<sub>2</sub> y NO<sub>2</sub> empleando muestreadores pasivos en la zona industrial de vía a la Costa-Guayaquil” mismo estudio que se llevó a cabo durante los meses de noviembre, diciembre y enero del año 2016 – 2017, donde presento niveles bajos de SO<sub>2</sub>, “asume que dichos valores se deben al corto

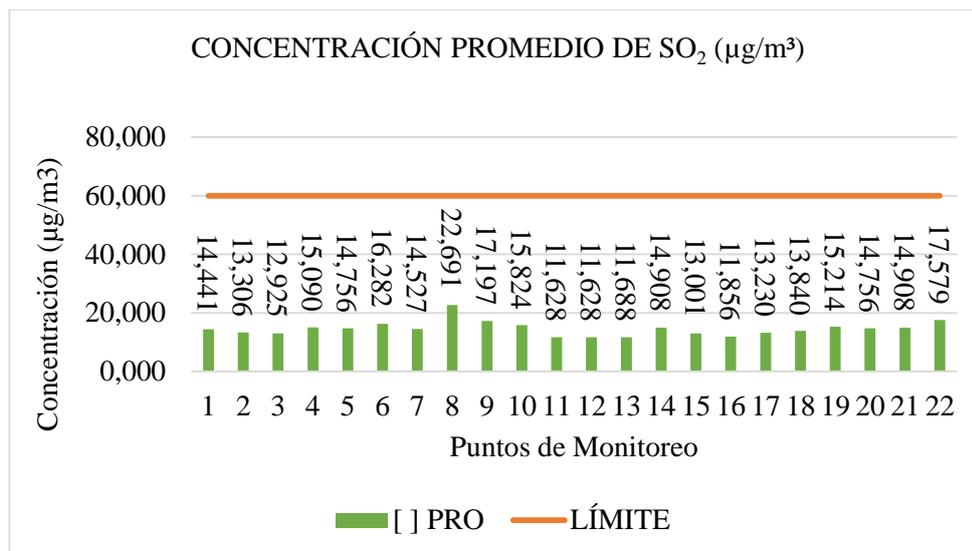
tiempo en el cual se desarrolló el monitoreo que fue de en un periodo de 8 semanas.

En (Ecuador, 2008; citado en Velastegui, 2011) indica que en estudios financiados por Petroecuador, la Universidad Central y el Gobierno Municipal de Ambato llevaron a cabo un diagnóstico sobre la presencia de contaminantes atmosféricos emitidos por fuentes móviles, concluyeron que las concentraciones de SO<sub>2</sub> eran relativamente baja, sin embargo señalan que en distintos sitios y tiempos específicos pueden presentarse niveles altos que sobrepasen los límites máximos permisibles.

Basándonos en este criterio podemos observar que la mayor concentración obtenida fue en el punto 8 con un valor de (41,46 µg/m<sup>3</sup>) esto se debe a que fue colocado en la intersección entre la calle Corsino Duran y la carretera Troncal de la Sierra (E35), donde los vehículos circulan del norte al sur de la ciudad, (Burgos, 2015, pp.120-126) menciona en su estudio “Diseño de la primera red permanente de monitoreo de la calidad del aire en la ciudad de Ambato” que la zona del Mercado Mayorista circulan alrededor de 34 480 vehículos al día, lo que hace referencia a que en esta zona presenta una intensidad media diaria de tráfico, por lo que, los contaminantes atmosféricos van a presentarse con mayor intensidad, sin embargo señala que la concentración de contaminantes depende de la velocidad del viento ya que este parámetro puede afectar a la dispersión del mismo.



**Gráfico 8-4.** Concentraciones máximas de SO<sub>2</sub> registradas durante las semanas de diciembre de 2021 y enero 2022 monitoreadas  
 Realizado por: Manotoa, Cynthia, 2022.



**Gráfico 9-4.** Concentraciones promedio de SO<sub>2</sub> registradas durante las semanas de monitoreo en el Mercado Mayorista de Ambato  
 Realizado por: Manotoa, Cynthia, 2022.

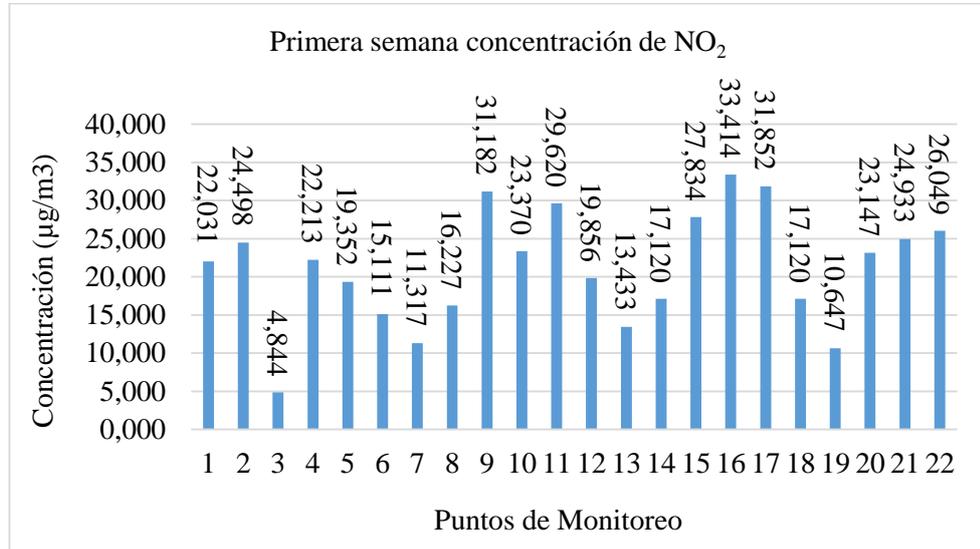
En el gráfico 9-4, podemos observar la concentración promedio obtenida durante las siete semanas de monitoreo, mismas que se encuentran cumpliendo los límites establecidos en el Acuerdo Ministerial 097A del 2015, que establece que las concentraciones de dióxido de azufre no deben superar valores en una hora de 60 µg/m<sup>3</sup> para muestreo pasivo, los datos obtenidos concuerdan con el estudio de “Valoración de la campaña de Monitoreo Pasivo de gases en la Ciudad de Ambato para el diseño de Calidad del Aire de la Ciudad 2013-2014” realizado por (Villacis, 2015, p.80), donde menciona que la distribución de SO<sub>2</sub>, que fueron determinadas en seis estaciones de monitoreo, presentaron concentraciones por debajo de los límites máximos permisibles establecidos en la normativa, el mayor valor encontrado fue de 22,691 µg/m<sup>3</sup>.

Sin embargo, debemos considerar que las condiciones y el tiempo de estudio no son las mismas por lo que actualmente los niveles, aunque no superan los límites permisibles si aumentaron significativamente las concentraciones como se observa en la gráfica 8-4, asumiendo así que este incremento se debe a la presencia de vehículos que circulan diariamente por la zona del Mercado Mayorista de Ambato.

Así como se indica en el estudio “Evaluación de contaminantes atmosféricos en los principales mercados de la ciudad de Riobamba” realizado por (Bermeo y Vega, 2018: p.55) donde menciona que las condiciones de su zona de estudio eran favorables para que existan una buena dispersión del SO<sub>2</sub> en el aire, e indica que la principal fuente de emisión de contaminantes son los camiones de carga que ingresan al Mercado Agrícola San Pedro de Riobamba, además señala que los valores obtenidos pueden estar influenciados por una exposición de grandes concentraciones a corto plazo o exposición de concentraciones bajas durante un tiempo largo.

#### 4.4. Concentración semanal de Dióxido de Nitrógeno

##### 4.4.1. Primera semana de monitoreo para dióxido de nitrógeno



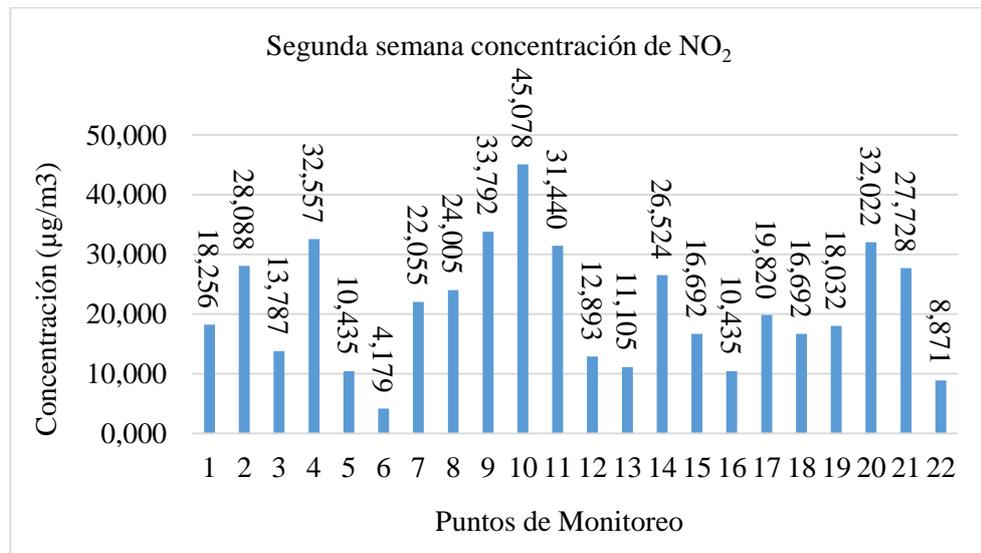
**Gráfico 10-4.** Concentraciones de NO<sub>2</sub> registradas en la semana 01 de monitoreo en el EP- Mercado Mayorista de Ambato  
Realizado por: Manotoa, Cynthia, 2022.

En el Gráfico 10-4, se puede observar las concentraciones de dióxido de nitrógeno presentadas durante la primera semana, realizada desde el 06 hasta el 12 de diciembre del 2021, con una temperatura promedio de 14,56 °C.

Se identifica, que los valores obtenidos de dióxido de nitrógeno, durante la primera semana, presenta el valor más bajo en el punto P3, ubicado en la avenida tres carabelas, que es considerada como una vía de evacuación de vehículos que circulan por la Av. Bolivariana presentando una concentración de 4,844 µg/m<sup>3</sup>, por lo que se asume que no éxito alto flujo vehicular.

En cuanto a los puntos P16 y P17, que fueron ubicados en la Av. El Condor presenta la más alta concentración en esta semana con contracciones 33,414 µg/m<sup>3</sup> y 31,852 µg/m<sup>3</sup> como se ha mencionado la primera semana de monitoreo de SO<sub>2</sub>, esta avenida se caracteriza por la presencia de comerciantes informales que hacen que exista la aglomeración de vehículos y personas. Como menciona (Chicaiza, 2019) existen varias molestias por parte de los comerciantes que trabajan dentro del Mercado ya que indican que existe informalidad, congestión vehicular tanto adentro como a las afueras afectando así la circulación del transporte vehicular.

#### 4.4.2. Segunda semana de monitoreo para dióxido de nitrógeno



**Gráfico 11-4.** Concentraciones de NO<sub>2</sub> registradas en la semana 02 de monitoreo en el EP- Mercado Mayorista de Ambato

Realizado por: Manotoa, Cynthia, 2022.

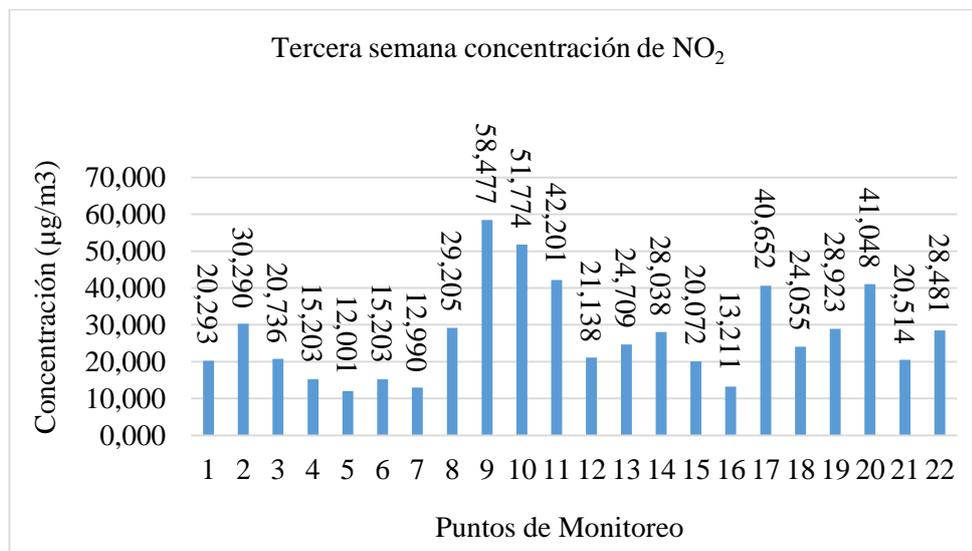
En el Gráfico 11-4, se puede observar las concentraciones de dióxido de nitrógeno presentadas durante la segunda semana, realizada desde el 13 hasta el 19 de diciembre del 2021, con una temperatura promedio de 14,39 °C.

Se identifica, que los valores obtenidos de dióxido de nitrógeno, durante la segunda semana, presenta el valor más bajo en el punto 6, el cual fue ubicado en una calle secundaria Casino Duran de las afueras del Mercado Mayorista, por lo que se asume que no existió alto flujo vehicular.

En cuanto al punto el P10 ubicado en la Avenida Julio Jaramillo presenta una concentración alta de 45,078 µg/m<sup>3</sup> donde según el diario (El Telégrafo, 2018) indica que los lunes, viernes y domingo que se da la feria existe alto tráfico vehicular.

Como menciona (Bermeo y Vega, 2018: p.47) las emisiones producidas por el sector automotor ayudan a la formación de contaminantes como los dióxidos de nitrógeno y el ozono, mismos que son causantes del deterioro de la calidad del aire mayormente en zonas urbanas.

#### 4.4.3. Tercera semana de monitoreo para dióxido de nitrógeno



**Gráfico 12-4.** Concentraciones de NO<sub>2</sub> registradas en la semana 03 de monitoreo en el EP- Mercado Mayorista de Ambato

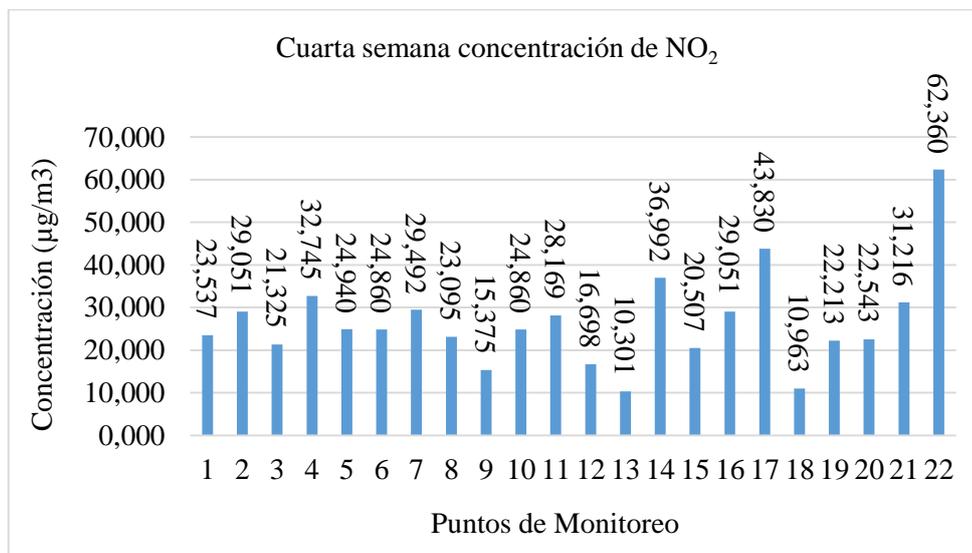
Realizado por: Manotoa, Cynthia, 2022.

En el Gráfico 12-4, se puede observar las concentraciones de dióxido de nitrógeno presentadas durante la tercera semana, realizada desde el 20 hasta el 26 de diciembre del 2021, con una temperatura promedio de 14,03 °C.

La menor concentración obtenida durante esta semana se dio en el punto P7, con un valor de 12,990 µg/m<sup>3</sup>, el cual fue ubicado en la calle Corsino Duran, asumiendo a que se obtuvo esta concentración debido a la escasa circulación vehicular y actividad industrial.

Sin embargo, en los puntos con mayor concentración fue P9, el cual fue ubicado en la Av. Julio Jaramillo junto a la entrada 2 y salida 1 del Mercado, presenta una concentración de 58,477 µg/m<sup>3</sup>, como la más alta de esta semana, esta avenida suele presentar aglomeraciones de transporte vehicular ya que muchas veces los vehículos hacen largas colas al momento de ingresar y salir del mercado, además en los puntos P10 y P20 se obtuvo valores altos de 51,774 µg/m<sup>3</sup> y 41,048 µg/m<sup>3</sup> que fueron ubicados el P10 en la avenida Julio Jaramillo y el P20 dentro de las instalaciones de Mercado se puede observar que cuyos valores sobrepasan los límites permisibles establecidos en el Acuerdo Ministerial 097 de 2015.

#### 4.4.4. Cuarta semana de monitoreo para dióxido de nitrógeno



**Gráfico 13-4.** Concentraciones de NO<sub>2</sub> registradas en la semana 04 de monitoreo en el EP- Mercado Mayorista de Ambato

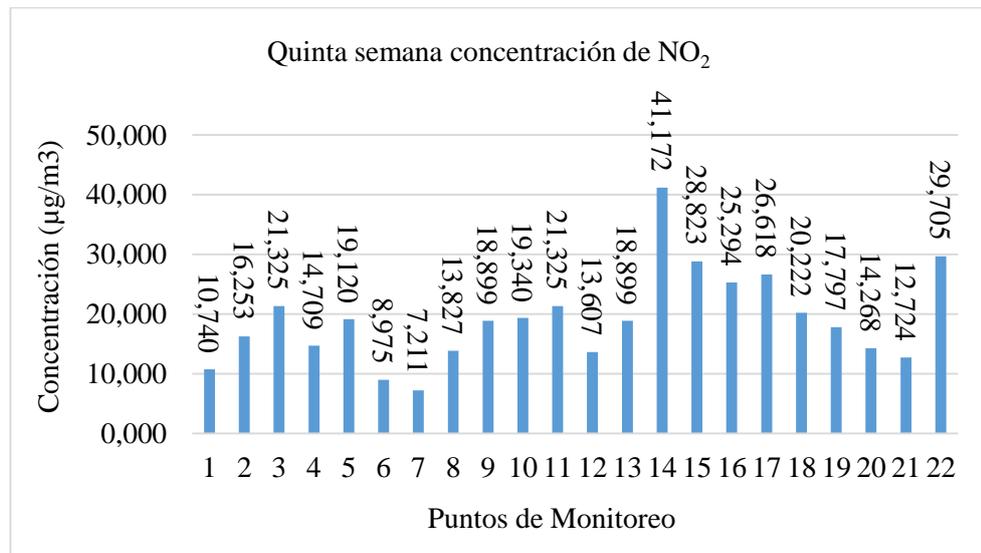
Realizado por: Manotoa, Cynthia, 2022.

En el Gráfico 13-4, se puede observar las concentraciones de dióxido de nitrógeno presentadas durante la cuarta semana, realizada el 27 de diciembre de 2021 hasta el 02 de enero del 2022, con una temperatura promedio de 15,40 °C.

La concentración mínima registrada durante esta semana fue en el punto P13, con un valor de 10,301 µg/m<sup>3</sup> el cual fue ubicado en la Av. Bolivariana atribuyendo que durante este tiempo no presento alta afluencia vehicular teniendo en cuenta que durante este periodo de estudio debido a la emergencia sanitaria el COE cantonal dispuso algunos lineamientos como reducir el aforo de los centros comerciales y mercados a un 75% y en cuanto a la circulación vehicular no se podía circular en horarios de 11:00PM a 5:00AM.

Sin embargo en el punto P22, presenta la más elevada concentración con un valor de 62,360 µg/m<sup>3</sup>, cuyo valor sobrepasa los límites permisibles de la normativa, atribuimos esta concentración a que durante esta semana se presentaron alto flujo vehicular dentro del Mercado basándonos en el estudio realizado por (Bermeo y Vega, 2018: p.63) indica que en las zonas donde existe mayor comercio son las zonas donde se pueden obtener mayores niveles de contaminación ya que esto implica una mayor circulación de personas y vehículos.

#### 4.4.5. Quinta semana de monitoreo para dióxido de nitrógeno



**Gráfico 14-4.** Concentraciones de NO<sub>2</sub> registradas en la semana 05 de monitoreo en el EP- Mercado Mayorista de Ambato

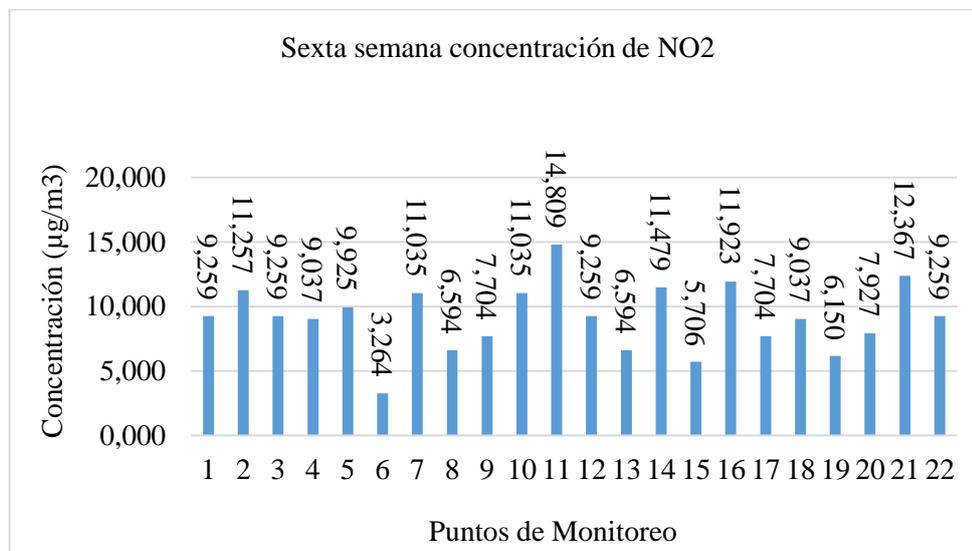
Realizado por: Manotoa, Cynthia, 2022.

En el Gráfico 14-4, se puede observar las concentraciones de dióxido de nitrógeno presentadas durante la quinta semana, realizada desde el 03 hasta el 09 de enero del 2022, con una temperatura promedio de 16,49 °C.

La concentración mínima registrada durante esta semana fue en el punto P7, con un valor de 7,211 µg/m<sup>3</sup> el cual fue ubicado en la calle Casino Duran la cual es considerada como una carretera que mayormente es utilizada como secundaria donde podemos asumir que durante esta semana de estudio no presento un alta afluencia vehicular, en la investigación de (Burgos, 2015, p.13), menciona NO que se encuentra en el ambiente, al reaccionar con el ozono se oxida produciendo el NO<sub>2</sub> y estos se producen por la quema de combustibles a temperaturas muy elevadas.

El punto con mayor nivel de contaminación fue el P14, con un valor de 41,172 µg/m<sup>3</sup> por su ubicación podemos asumir que esta concentración se obtuvo debido al alto tráfico vehicular de la Av. Bolivariana donde se pueden encontrar diferentes puntos comerciales donde se vende ropa, víveres entre otros además como se indica en (El Telégrafo Ecuador, 2018) donde señala que en esta avenida suelen darse embotellamientos principalmente los domingos, lunes y viernes que son los días de ferias que se dan en el sector del Mercado mayorista.

#### 4.4.6. Sexta semana de monitoreo para dióxido de nitrógeno



**Gráfico 15-4.** Concentraciones de NO<sub>2</sub> registradas en la semana 06 de monitoreo en el EP- Mercado Mayorista de Ambato

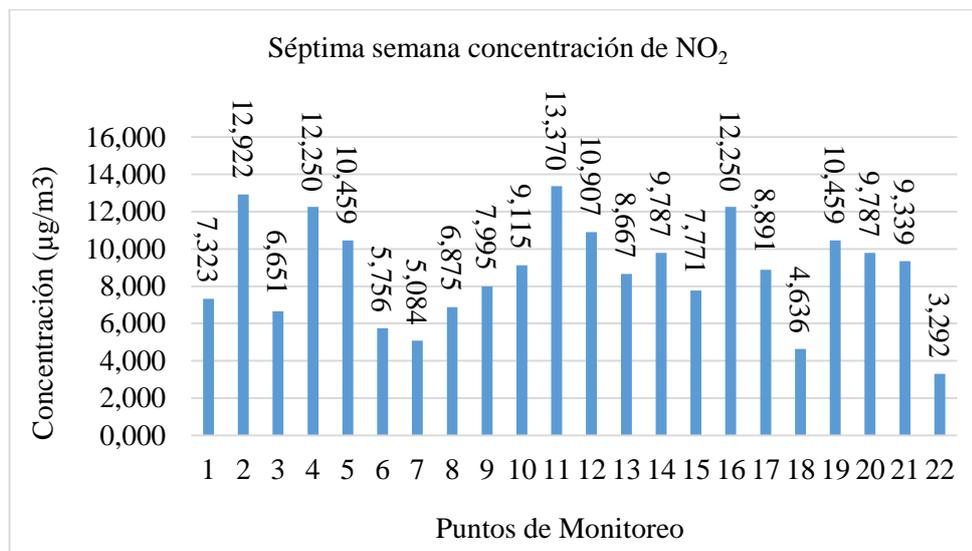
Realizado por: Manotoa, Cynthia, 2022.

En el Gráfico 15-4, se puede observar las concentraciones de dióxido de nitrógeno presentadas durante la sexta semana, realizada el 10 hasta el 17 de enero del 2022, con una temperatura promedio de 16,44 °C.

La concentración mínima registrada durante esta semana se dio en el punto P6, con un valor de 3,264 µg/m<sup>3</sup> fue ubicado en las afueras del Mercado Mayorista, en la calle secundaria Marco Tulio la producción de dióxido de nitrógeno se da cuando el nitrógeno del aire y el carbón de los combustibles reaccionan en procesos de combinación y oxidación (Bermeo y Vega, 2018: p.45) por lo que podemos asumir que no se presentó durante esta semana mayor flujo vehicular en este punto de estudio.

El punto con mayor nivel de contaminación fue el P11, con un valor de 14,809 µg/m<sup>3</sup>, que fue ubicado en las afueras del mercado específicamente en la Avenida Bolivariana, según (El Telégrafo Ecuador, 2018), indica que en esta avenida transitar alrededor de 43 000 vehículos al mes, debido a que en esta zona es comercial, donde podemos encontrar mercados como el Mayorista y América, además el Servicio Ecuatoriano de Capacitación Profesional (SECAP), como resultado existe gran flujo de vehículos, que pueden ser los generadores de dióxido de nitrógeno en el ambiente.

#### 4.4.7. Séptima semana de monitoreo para dióxido de nitrógeno



**Gráfico 16-4.** Concentraciones de NO<sub>2</sub> registradas en la semana 07 de monitoreo en el EP- Mercado Mayorista de Ambato

Realizado por: Manotoa, Cynthia, 2022.

En el Gráfico 16-4, se puede observar las concentraciones de dióxido de nitrógeno presentadas durante la séptima semana, realizada desde el 17 hasta el 23 de enero del 2022, con una temperatura promedio de 15,93 °C.

Se identifica que los valores obtenidos de dióxido de nitrógeno, durante la tercera semana, presenta el valor más bajo en el punto P22, que fue ubicado en los interiores del mercado donde se obtuvo una concentración de 3,292 µg/m<sup>3</sup>, por lo que podemos asumir que durante este tiempo de monitoreo no presento mayor presencia de vehículos que circulaban esta zona. En el trabajo de “Diseño de una propuesta de red de calidad del aire para el Cantón Ambato, Provincia de Tungurahua” elaborado por (Tapia, 2019, p.36) menciona que los valores promedio del monitoreo de calidad de aire en la ciudad de Ambato en el año 2018, en cuanto al dióxido de nitrógeno se obtuvieron valores bajos y la concentración más alta fue de 21,31 µg/m<sup>3</sup>, aclarando que las concentraciones durante los meses de enero-diciembre se encontraban dentro de los rangos establecidos en la Normativa.

En cuanto al punto P11, que fue ubicado en el redondel del Mercado Mayorista, presenta la concentración más alta con 13,370 µg/m<sup>3</sup> según el estudio de “Calidad de Aire de la ciudad de Ambato del 2008” esta zona presenta una alta circulación vehicular, tomando en cuenta la tasa de crecimiento de matriculación de automóviles en el año 2016 -2017, presenta un crecimiento de 8,8%, por lo que podemos decir que a cada año aumenta la cantidad de vehículos en la ciudad de Ambato (Tapia, 2019, pp.29-30).

#### 4.5. Concentraciones máxima y promedio de Dióxido de nitrógeno

**Tabla 4-4:** Concentraciones máximo y promedio de NO<sub>2</sub> en el EP Mercado Mayorista de Ambato

PUNTOS	Concentración máxima corregida (µg/m <sup>3</sup> )	Concentración promedio corregida (µg/m <sup>3</sup> )
1	23,537	15,430
2	30,290	20,773
3	21,325	13,084
4	32,745	20,891
5	24,940	15,746
6	24,860	14,062
7	29,492	17,288
8	29,205	17,900
9	58,477	33,091
10	51,774	30,444
11	42,201	27,786
12	21,138	15,198
13	24,709	15,652
14	41,172	25,480
15	28,823	17,265
16	33,414	21,925
17	43,830	25,767
18	24,055	14,345
19	28,923	17,537
20	41,048	24,487
21	31,216	20,277
22	62,360	32,826

Realizado por: Manotoa, Cynthia, 2022.

En la Tabla 4-4, se observa las concentraciones máximas de dióxido de nitrógeno, alcanzadas en los 22 puntos monitoreados que se llevó a cabo durante 7 semanas, donde se evidencia que los resultados obtenidos fueron similares a los obtenidos por la Dirección de Gestión Ambiental del cantón Ambato donde se realizan monitoreos de NO<sub>2</sub>, CO, PM<sub>2.5</sub>, PM<sub>10</sub>, estos son monitoreados gracias a la Estación Automática de Calidad del Aire la cual se encuentra Ubicada en el edificio sur del Municipio del Ambato donde según (Tapia, 2019, p.35), en el año 2018 se registraron niveles

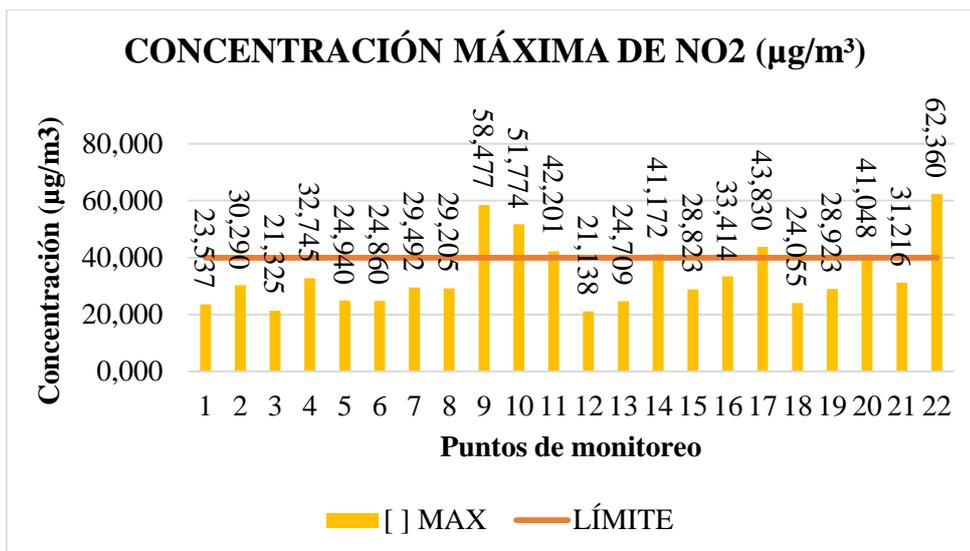
de dióxido de nitrógeno bajos la concentración más alta en el año fue de 21,31  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  por lo que en dicho año las concentraciones se encontraban dentro de la normativa.

Basándonos en lo anterior expuesto se procedió a solicitar datos correspondientes de mes de diciembre de 2021 y enero de 2022 a la municipalidad de Ambato, donde se pudo obtener datos registrados en la estación de monitoreo en el mes de enero de 2021 un promedio de 9,860  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  y una concentración máxima de 42,499  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , en lo que corresponde al mes de diciembre 2022 registro un promedio de 14, 379  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  y una concentración máxima de 45,818  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , para la obtención de estos datos la municipalidad de Ambato, registra durante todos los días del mes las concentraciones en la estación de monitoreo de calidad del aire, el método de obtención de concentraciones de  $\text{NO}_2$ , es mediante quimioluminiscencia, para lo cual las condiciones dentro de la estación según (Freire, 2017, p.15), menciona que es constante con 22 °C, esto permite el buen funcionamiento de los equipos.

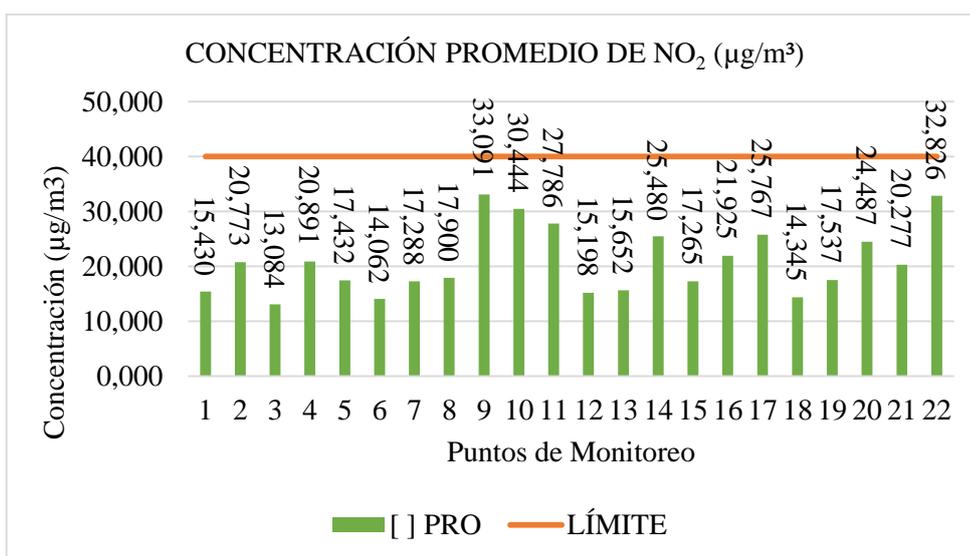
Los datos obtenidos en la tabla 4-4, presentan similitud con las contracciones obtenidas por la municipalidad de Ambato, teniendo en cuenta que la estación de monitoreo tiene un alcance de medición de 5 km según (Freire, 2017, pp.56-58), esto se debe a la topografía del lugar y las condiciones meteorológicas del lugar, además menciona que las concentraciones de  $\text{NO}_2$  registradas son principalmente de fuentes de emisión de vehículos basándose en el Inventario de Emisiones Atmosféricas de Ambato de 2015, donde se indica que la presencia de autobuses urbanos son los que emiten mayores niveles de contaminación a la atmósfera .

En el gráfico 8-4 se puede observar que la mayor concentración obtenido fue en el punto P22 con un valor de 62,360  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  fue ubicado dentro de las instalaciones del Mercado Mayorista según (Espín al et., 2021, pp.17-28), se menciona que a las instalaciones llegan gran cantidad de vehículos y personas a comercializar diferentes productos remarcando que muchos de estos productos suelen salir a diferentes provincias del Ecuador, como resultado se produce congestión vehicular tanto en las instalaciones del mercado como en las afueras.

Por ello podemos decir que esta concentración obtenida se debe al tráfico vehicular que se da en la zona, así como indica (Burgos, 2015, pp.9-126) que la quema de combustibles genera  $\text{NO}_2$ , donde un 49% proviene de fuentes fijas, un 39% por el parque automotor y el 12% por otras fuentes.



**Gráfico 17-4.** Concentraciones máximas de NO<sub>2</sub> registradas durante las semanas de monitoreo en el EP- Mercado Mayorista de Ambato  
 Realizado por: Manotoa, Cynthia, 2022.



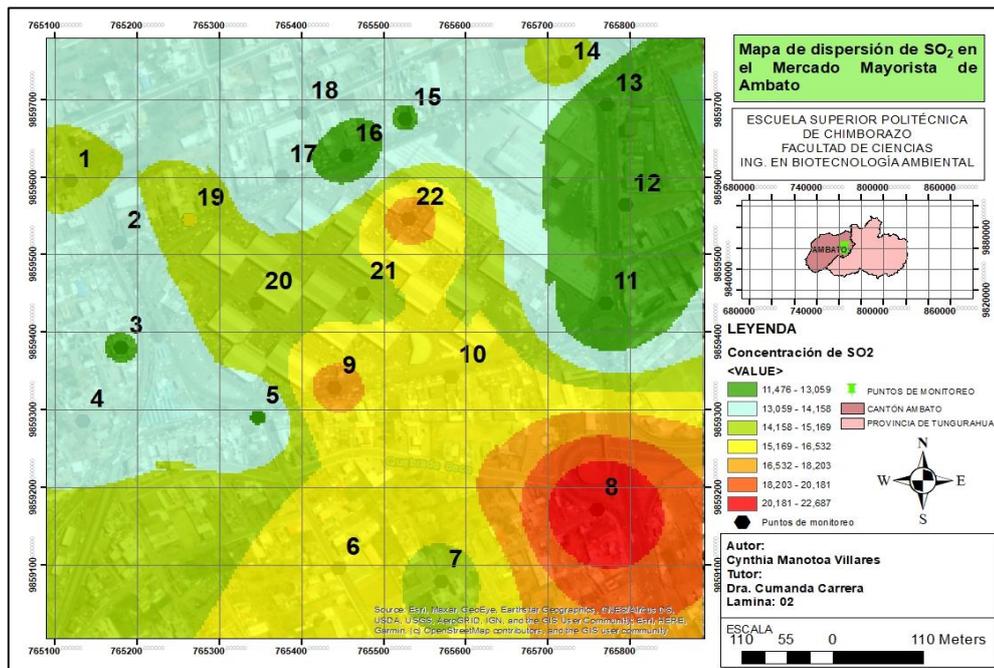
**Gráfico 18-4.** Concentraciones promedio, máximo y mínimo de NO<sub>2</sub> registradas en el EP- Mercado Mayorista de Ambato  
 Realizado por: Manotoa, Cynthia, 2022.

En el gráfico 18-4, podemos observar la concentración promedio obtenida durante las siete semanas de monitoreo, mismas que se encuentran cumpliendo los límites establecidos en el Acuerdo Ministerial 097 del 2015, que establece que las concentraciones de dióxido de nitrógeno no deben exceder los rangos anuales de 40 µg/m<sup>3</sup> aplicado en muestreo pasivo.

Según (Estrada, 2021, p.29), menciona que la ubicación de los muestreadores pasivos en zonas que se da la circulación del transporte vehicular ya sea pesado o liviano, existe una mayor presencia de dióxido de nitrógeno. “Sin embargo el dióxido de nitrógeno se reduce al estar expuesto con la luz solar y esto hace que exista un aumento de ozono troposférico, mismo que produce problemas a la salud de las personas ya que es el contaminante principal en la formación de smog fotoquímico”.

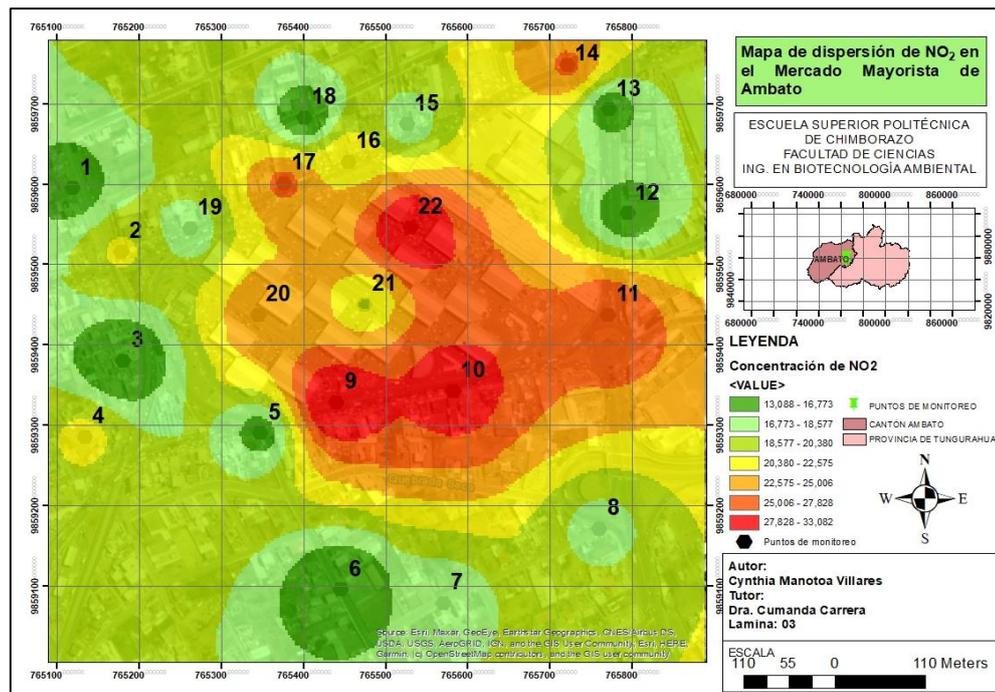
#### 4.6. Concentración de SO<sub>2</sub> y NO<sub>2</sub> en la zona de estudio utilizando el Software ArcMap

Se realizaron mapas temáticos, para tener una idea más clara y real de las concentraciones de SO<sub>2</sub> y NO<sub>2</sub>, que se obtuvieron durante los siete semas de monitoreo en el sector del mercado Mayorista de Ambato, para lo cual se establecieron escalas colorimétricas con la utilización del software ArcMap, con el fin de identificar las diferentes variaciones que presentan las concentraciones.



**Figura 1-4.** Mapa de dispersión de concentraciones promedio de SO<sub>2</sub>  
Realizado por: Manotoa, Cynthia, 2022.

En la figura 1-4., se indica las concentraciones de SO<sub>2</sub> promedio obtenidas, en los 22 puntos de muestreo. Como se puede observar la mayor concentración se presenta con una tonalidad de color rojo en los puntos: P9-P8-P22, con concentraciones entre 20,007 – 22,689 ug/m<sup>3</sup>, esto debido a que se encuentra en una zona con altos flujo vehicular, como indica (Nieto, 2019, p.49), en su estudio “Evaluación de contaminantes atmosféricos provenientes del sector automotriz en la avenida 9 de octubre de la ciudad de Riobamba”, donde los puntos con mayor nivel de concentración fueron aquellos donde se presentaba mayor circulación del parque automotor ya que la zona era comercial y las personas que circulaban eran cercanas a la zona o se trasladaban de otros lugares.



**Figura 2-4.** Mapa de dispersión de concentraciones promedio de NO<sub>2</sub>  
Realizado por: Manotoa, Cynthia, 2022.

En la figura 2-4. podemos observar las concentraciones de NO<sub>2</sub>, promedio obtenidas durante el tiempo de monitoreo, se puede identificar los puntos con mayor nivel de contaminación como: P9-P10-P22, que presentan una coloración roja y van en un rango entre: 27,747-33,076 ug/m<sup>3</sup>, al igual que en el mapa de SO<sub>2</sub>, se atribuye que estos niveles se deben a que se encuentra en zonas donde se presentan mayor circulación vehicular, por lo que podemos revalidar con el estudio realizado por (Nieto, 2019, p.54), el cual indica que la generación elevada de NO<sub>2</sub>, principalmente se produce por la combustión del parque automotor.

Los mapas de dispersión, muestran que los contaminantes se dirigen hacia el Este y además se identifica que en la parte interna del Mercado Mayorista, se reflejan los puntos con mayor nivel de contaminación, ya que, como se mencionó anteriormente se suelen producir largas filas al interior de las instalaciones con automotores como: camionetas, taxis, automóviles, camiones y motocicletas, que liberen gases contaminantes a la atmósfera. Como indica (Burgos, 2015, p.6) que la congestión vehicular con el paso del tiempo tiende a incrementar y por ende presentar problemas relacionados con la calidad de vida de las personas que vivan en zonas urbanas o dedicadas al comercio.

#### 4.7. Análisis estadístico

##### 4.7.1. Pruebas de normalidad

Se realizaron pruebas de normalidad, en el software SPSS, con el fin de conocer si las concentraciones de los dos contaminantes obtenida, siguen una distribución normal, para ello se ha seleccionado la prueba de Kolmogórov-Smirnov, tomando en cuenta un nivel de confianza del 95% y significancia del 5%.

Para esta prueba se plantearon las siguientes hipótesis:

- $H_0$ : Las concentraciones obtenidas de los dos contaminantes tienen una distribución normal.
- $H_1$ : Las concentraciones obtenidas de los dos contaminantes no tienen una distribución normal.

Cabe mencionar que en el caso de aceptar la hipótesis nula ( $H_0$ ), el valor de significancia debe ser ( $\text{Sig.} > 0,005$ ), y en el caso de que el valor de significancia sea ( $\text{Sig.} < 0,005$ ), se acepta la hipótesis nula  $H_1$ .

**Tabla 5-4:** Prueba de Normalidad para concentraciones semanales de  $\text{SO}_2$

SEMANAS	Kolmogórov-Smirnov		
	Estadístico	Gl	Sig.
SO <sub>2</sub> Semana 1	0,179	22	0,066
Semana 2	0,209	22	0,073
Semana 3	0,080	22	0,200*
Semana 4	0,144	22	0,200*
Semana 5	0,168	22	0,106
Semana 6	0,192	22	0,065
Semana 7	0,175	22	0,079

Realizado por: Manotoa, Cynthia, 2022.

**Tabla 6-4:** Prueba de Normalidad para concentraciones promedio de  $\text{SO}_2$

	Kolmogórov-Smirnov		
	Estadístico	Gl	Sig.
PROMEDIO	0,157	22	0,166

Realizado por: Manotoa, Cynthia, 2022.

**Tabla 7-4:** Prueba de Normalidad para concentraciones semanales de NO<sub>2</sub>

SEMANAS		Kolmogórov-Smirnov		
		Estadístico	Gl	Sig.
NO <sub>2</sub>	Semana 1	0,102	22	0,200*
	Semana 2	0,146	22	0,200*
	Semana 3	0,078	22	0,200*
	Semana 4	0,124	22	0,200*
	Semana 5	0,161	22	0,141
	Semana 6	0,198	22	0,094
	Semana 7	0,136	22	0,200*

Realizado por: Manotoa, Cynthia, 2022.

**Tabla 8-4:** Prueba de Normalidad para concentraciones promedio de NO<sub>2</sub>

	Kolmogórov-Smirnov		
	Estadístico	Gl	Sig.
PROMEDIO	0,180	22	0,063

Realizado por: Manotoa, Cynthia, 2022.

En el estudio realizado por (Ruiz, 2018, p.70), indica que la realización de pruebas de normalidad permite la validación de datos obtenidos durante la investigación. En la Tabla 7-4 y Tabla 5-4, se pueden observar que en las siete semanas que se llevó a cabo el monitoreo de concentraciones de SO<sub>2</sub> y NO<sub>2</sub>, las pruebas de normalidad presentan una significancia ( $\text{sig} > 0,05$ ), por ello se acepta la hipótesis nula ( $H_0$ ) misma que dice que las concentraciones obtenidas de los dos contaminantes tienen una distribución normal.

Al igual se realizaron pruebas de normalidad a los datos promedio de concentraciones de los dos contaminantes medidos, así como se indica en la Tabla 6-4 y Tabla 8-4, mismos que revela que los datos poseen una distribución normal con un nivel de significancia ( $\text{sig} > 0,05$ ).

#### 4.7.2. Análisis de un factor ANOVA

Al obtener concentraciones que reflejan una distribución normal, se realizó un análisis ANOVA de un factor, para cada contaminante. Con fin de poder contrastar, si las concentraciones obtenidas varían a través del tiempo.

**Tabla 9-4:** Análisis ANOVA de un factor para SO<sub>2</sub>

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	7268,425	6	1211,404	37,259	0,000
Intra-grupos	4779,469	147	32,513		
Total	12047,894	153			

Realizado por: Manotoa, Cynthia, 2022.

**Tabla 11-4:** Análisis ANOVA de un factor para NO<sub>2</sub>

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	6597,696	6	1099,616	13,890	0,000
Intra-grupos	11637,547	147	79,167		
Total	18235,242	153			

Realizado por: Manotoa, Cynthia, 2022.

Planteamiento de hipótesis;

- H<sub>0</sub>: Las concentraciones de los contaminantes NO<sub>2</sub> y SO<sub>2</sub>, en el Mercado Mayorista de Ambato, no varían a través del tiempo.
- H<sub>i</sub>: Las concentraciones de los contaminantes NO<sub>2</sub> y SO<sub>2</sub>, en el Mercado Mayorista de Ambato, varían a través del tiempo.

El análisis de un factor de ANOVA, para SO<sub>2</sub> y NO<sub>2</sub> respectivamente nos arroja un valor de significancia de (Sig.= 0,00), suficientes evidencias estadísticas para rechazar la hipótesis nula (H<sub>0</sub>) ya que al tener una significancia menor a (sig.<0,05), se debe aceptar la hipótesis alternativa (H<sub>i</sub>), misma que indica que las concentraciones de los contaminantes NO<sub>2</sub> y SO<sub>2</sub>, en el Mercado Mayorista de Ambato, varían a través del tiempo. Además en las Tabla 12-4 y Tabla 10-4, se puede observar la variación que existe para cada semana que se llevó a cabo el muestreo.

Estas variaciones se pueden atribuir, a factores ambientales presentados durante el tiempo de monitoreo como se ha mencionado, los parámetros meteorológicos influyen en la presencia o no de contaminantes atmosféricos como:

La topografía: Por la altura que presenta el cantón Ambato su geografía es de forma irregular, (Tapia, 2019, p.27), indica que las condiciones de dispersión pueden ser desfavorables, haciendo que

los contaminantes atmosféricos puedan acumularse durante más tiempo en ciertas zonas.

**Velocidad del viento:** Este es un factor clave en la dispersión de contaminantes, en Ambato los vientos provienen de las cotas más altas, “donde el páramo predomina, hacia el centro de la ciudad, reduciendo la velocidad en las cotas más bajas”. Según los datos obtenidos de la estación meteorológica Aeropuerto, por parte del H. Gobierno Provincial de Tungurahua en el mes de diciembre 2021 y enero 2022, se registraron velocidades de viento entre: 1,4-2,47 m/s lo que indica que no son vientos fuertes a comparación a los que se dan en los meses de julio 2021, con 37,22 m/s, (Tapia, 2019, p.25), indica que a mayor velocidad de viento suelen reducirse la contaminación atmosférica esto a nivel del suelo ya que se da una mayor mezcla y dilución.

**Temperatura:** Este parámetro está relacionado con la difusión de contaminantes atmosféricos, ya que cuando se presentan altas temperaturas el aire se vuelve menos denso y tiende a ascender, produciendo así la expansión del gas debido a que a presión decrece en función con la altura y el aire se enfría. Según los datos obtenidos de la estación meteorológica Aeropuerto, por parte del H. Gobierno Provincial de Tungurahua en el mes de diciembre 2021 y enero 2022, se registraron temperaturas entre: 13,1-16,5 °C, (Tapia, 2019, p. 21), menciona que en el día y días despejados se da mejor difusión de contaminantes que en la noche o días que se encuentren nublados.

**Precipitaciones:** Esta relacionado con la absorción de gases contaminantes, Según los datos obtenidos de la estación meteorológica Aeropuerto, por parte del H. Gobierno Provincial de Tungurahua en el mes de diciembre 2021 y enero 2022, se registraron precipitaciones entre: 0,5-17,7 mm, podemos decir que se encuentra en rangos bajos, (Tapia, 2019, p.20), indica que a niveles bajos se producen arrastres de contaminantes.

## CONCLUSIONES

- Se evaluó, la presencia de SO<sub>2</sub> y NO<sub>2</sub> empleando muestreadores pasivos a base de trietanolamina y N-butanol, en el Mercado Mayorista de Ambato, durante un periodo de siete semanas, encontrando niveles de concentración para; SO<sub>2</sub> (1,004-41,460 ug/m<sup>3</sup>) y para NO<sub>2</sub> (3,264-62,360 ug/m<sup>3</sup>), los valores obtenidos en este estudio se atribuyen a la presencia del parque automotor en la zona debido a que es considerado como una zona comercial donde acuden gran cantidad de personas y vehículos.
- Se estimó las concentraciones de SO<sub>2</sub> y NO<sub>2</sub>, mediante la utilización de muestreadores pasivos, estableciendo 22 puntos de muestreo, seleccionados de forma aleatoria; estos fueron expuestos y analizados con espectrofotometría UV-Visible, donde se determinó que las concentraciones promedio obtenidas en los meses de diciembre 2021 y enero 2022 están entre: (11,475-22,691 ug/m<sup>3</sup>) para el SO<sub>2</sub> y el NO<sub>2</sub> (13,084-33,091 ug/m<sup>3</sup>), se atribuye que las concentraciones obtenidas se debe a la circulación vehicular presentada, sin embargo se debe considerar que durante este periodo de estudio la ciudad contaba con restricciones de circulación vehicular debido a la emergencia sanitaria por la *Covid-19*.
- Mediante mapas de dispersión, se identificó los puntos con mayor concentración de SO<sub>2</sub> y NO<sub>2</sub>, los puntos P8-P9-P10-P22, presentan las concentraciones más elevadas, para el SO<sub>2</sub> se obtuvo rangos de: P8 (22,691 ug/m<sup>3</sup>), P9 (17,197 ug/m<sup>3</sup>), P22 (17,579 ug/m<sup>3</sup>) y en cuanto al NO<sub>2</sub> de: P9 (33,091 ug/m<sup>3</sup>), P10 (30,444 ug/m<sup>3</sup>), P22 (32,826 ug/m<sup>3</sup>), además se pudo identificar que los contaminantes se dirigen hacia el Este, es decir va hacia la Av. Bolivariana donde existe la presencia de locales comerciales y presenta afluencia tanto peatonal como vehicular.
- Mediante la aplicación de la prueba estadística ANOVA, se pudo determinar que las concentraciones de NO<sub>2</sub> y SO<sub>2</sub>, presentadas en el Mercado Mayorista de Ambato, si varían a través del tiempo, ya que se obtuvo un valor de significancia (sig<0,05), suficiente evidencia estadística para indica que las concentraciones encontradas durante el tiempo de monitoreo, son diferentes para cada semana, estos resultados se pueden atribuir a las condiciones meteorológicas de la zona, como corrobora (Hernández, 2018, p.50), quien menciona que parámetros como precipitaciones, temperatura, viento y la cantidad de tráfico son factores que se ven implicados en los niveles de concentraciones de contaminantes presentes en el ambiente
- Las concentraciones obtenidas para SO<sub>2</sub> y NO<sub>2</sub>, fueron comparados con los límites permisibles establecidos por en el Acuerdo Ministerial 0 97A-Libro VI, Anexo 4 de la Norma Ecuatoriana de Calidad del Aire Ambiente, la cual establece que los niveles de SO<sub>2</sub> no deberán superar 60ug/m<sup>3</sup> para muestreo pasivo la concentración máxima encontrada fue de

(41,460  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) y la de promedio (22,691  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ), mismas que se encuentran dentro de la normativa; para el  $\text{NO}_2$  el límite establecido es  $40\mu\text{g}/\text{m}^3$ , para muestreo pasivo la concentración máxima encontrada fue de (62,360  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) y la de promedio (33,091  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ), podemos mencionar que esta última se encuentra dentro de la normativa, sin embargo a lo largo del estudio se pudo identificar que para el  $\text{NO}_2$  en los puntos; P9-P10-P11-P14-P17-P20 y P22 reflejaron concentraciones fuera del límite establecido, dichos valores se atribuyen a la circulación del parque automotor, según (Ecuador, 2008; citado en Velastegui, 2011, p.2) indica que se pueden presentar concentraciones bajas de contaminantes, pero que en distintos sitios y tiempos específicos pueden presentarse niveles altos.

## RECOMENDACIONES

- Poseer un mejor control de las revisiones vehiculares, sobre todo los que se dedican al transporte público y de carga, con el fin de evitar las emisiones de contaminantes atmosféricos.
- Concientizar al parque automotor sobre los problemas que pueden generar al ambiente y a la salud de la población al estar expuesto a elevados niveles de dióxido de azufre y dióxido de nitrógeno.
- Aumentar el número de puntos de muestreo, con el fin de poder conocer los niveles de contaminación en una zona más grande y tener mejor información sobre la dispersión de estos contaminantes atmosféricos.
- Fomentar, la investigación de temas relacionados con la Calidad del aire, a fin de que las personas tengan más conocimiento sobre la protección y utilización de alternativas que sean sustentables, con el medio ambiente.
- Realizar, monitoreos con un mayor tiempo de monitoreo que supere las siete semanas, ya que ayudaría a obtener una base de datos más extensa y se podría establecer una mejor obtención y confianza de datos.
- Continuar realizando este tipo de estudios, y así poder determinar si las concentraciones van cambiando a través del tiempo donde se tome en cuenta los factores meteorológicos de la zona.

## BIBLIOGRAFÍA

**BENOTMAN, Amal.** *La OMS baja sus niveles de referencia de calidad del aire y advierte de los riesgos de la polución* [blog]. [Consulta: 05 de abril 2022]. Disponible en: <https://www.france24.com/es/medio-ambiente/20210923-oms-contaminacion-aire-salud-polucion>

**BERMEO JIMBO, Jairo Vicente, & VEGA BASTIDAS, Denis Alexander.** Evaluación de contaminantes atmosféricos en los principales mercados de la ciudad de Riobamba [En línea] (Trabajo de titulación). (Grado) Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador. 2018. pp.36-63. [Consulta: 2021-03-28]. Disponible <http://dspace.espech.edu.ec/handle/123456789/8948>

**BURGOS ARCOS, Carlos Leonal.** Diseño de la primera red permanente de monitoreo de la calidad del aire en la ciudad de Ambato [En línea] (Trabajo de titulación). (Maestría). ESPE, Ecuador. 2015. pp.13-126. [Consulta: 2022-03-28]. Disponible en <http://repositorio.espe.edu.ec/handle/21000/13007>

**CALISAYA CARPIO, Claudia Mabel.** Construcción y validación de dispositivos para el monitoreo pasivo de Dióxido de nitrógeno (NO<sub>2</sub>) y Dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>) en la ciudad de Arequipa- Perú (Trabajo de titulación) (maestría) Universidad Católica de Santa María, Peru. 2012. pp.8-10 . [Consulta: 05 de abril 2022]. Disponible en: [https://repositorio.concytec.gob.pe/bitstream/20.500.12390/160/1/2012\\_Calisaya\\_Construccion-y-validacion.pdf](https://repositorio.concytec.gob.pe/bitstream/20.500.12390/160/1/2012_Calisaya_Construccion-y-validacion.pdf)

**CHICAIZA, Freddy.** *Al borde del colapso el mercado Mayorista de Ambato* [blog]. [Consulta: 06 enero 2022]. Disponible en <https://www.lahora.com.ec/noticias/al-borde-del-colapso-el-mercado-mayorista-de-ambato/>

**CIFUENTES CASTILLO, Cristina Alejandra.** Validación del método para medir gases contaminantes (SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub> y O<sub>3</sub>), mediante captadores pasivos, incluyendo un análisis de microbiológico de la calidad del aire en una fábrica industria [En línea] (Trabajo de titulación). (Grado) Universidad de las Fuerzas Armadas. 2014. pp.37-48. [Consulta: 2022-03-24]. Disponible en: <http://repositorio.espe.edu.ec/xmlui/bitstream/handle/21000/9037/T-ESPE-048129.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

**Constitución del Ecuador**, (2008). Decreto Legislativo. Recuperado de [https://www.oas.org/juridico/pdfs/mesicic4\\_ecu\\_const.pdf](https://www.oas.org/juridico/pdfs/mesicic4_ecu_const.pdf)

**CUEVA VILLAFUERTE, Patricia Estefanía**. Estudio de SO<sub>2</sub> Y NO<sub>2</sub> empleando muestreo pasivo en la zona industrial de vía a la Costa- Guayaquil [En línea] (Trabajo de titulación). (Grado). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador. 2017. Pp.50-61. [Consulta: 2022-03-28]. Disponible en <http://dspace.espoch.edu.ec/bitstream/123456789/7853/1/236T0287.pdf>

**El Telégrafo Ecuador**. *Puente en sur de Ambato Costara \$5, 4millones. 29 de septiembre* [blog]. [Consulta: 06 enero 2022]. Disponible en <https://www.eltelegrafo.com.ec/noticias/regional/1/puente-costos-sur-ambato#:~:text=El%20paso%20elevado%20sobre%20la,antes%20de%20finalizar%20e1%20a%C3%B1o>.

**ESPIN, Daniel., VELA, Fernando., CASTRO, Katherine., MEDINA, Andrea & VIVANCO, Verónica**. “Políticas de Seguridad y Salud ocupacional” *Mayorista Revista Informativa*, N01 (2021), (Ecuador),pp.17-28

**ESTRADA VELASCO, María Victoria**. Evaluación de la concentración de contaminantes atmosféricos en el sector de BY Pass de la ciudad de Riobamba [En línea] (Trabajo de titulación). (Grado) Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador. 2021. p.29. [Consulta: 2021-03-28]. Disponible en <http://dspace.espoch.edu.ec/handle/123456789/14616>

**European Chemical Agency**. *SOX (Óxidos de Azufre)* [blog]. [Consulta: 22 enero 2022]. Disponible en: <https://prtr-es.es/SOx-oxidos-de-azufre,15598,11,2007.html>

**FREIRE RUMIPAMBA, Sandra Paola**. Determinación de la eficiencia de la estación de monitoreo de calidad del aire del GAD Municipal de Ambato mediante los contaminantes de dióxido de nitrógeno y ozono [En línea] (Trabajo de titulación). (Grado). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador. 2017. pp.15-58. [Consulta: 2022-03-28]. Disponible en <http://dspace.espoch.edu.ec/bitstream/123456789/8541/1/236T0321.pdf>

**GAD MUNICIPALIDAD DE AMBATO.** *Municipalidad monitoreó calidad de aire de Ambato* [blog]. [Consulta: 05 de abril 2022]. Disponible en: <https://ambato.gob.ec/municipalidad-monitorea-calidad-del-aire-de-ambato/#:~:text=La%20Municipalidad%20de%20Ambato%2C%20a,determinar%20la%20concentraci%C3%B3n%20de%20contaminantes.>

**GARCÍA, Mario, RAMÍREZ, Hermes et al.** Concentración de contaminantes SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub> y correlación con H<sup>+</sup>, SO<sub>4</sub><sup>-2</sup> y NO<sub>3</sub><sup>-</sup> durante la temporada de lluvias en la Zona Metropolitana de Guadalajara, Jalisco, México. *SciELO* [en línea], 2013 (Chile) 29 (2), pp.82-85. [Consulta: 17 marzo 2022]. ISSN 0717-7348. Disponible en: [https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0717-73482013000200004](https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0717-73482013000200004)

**HERNÁNDEZ VALLS, E.** Estudio de datos atmosféricos de contaminación mediante técnicas de procesado y análisis Estadístico clásico y espacial [En línea] (Trabajo de titulación). (Maestría). Universidad Politécnica de Madrid, España. 2018. P.50. [Consulta: 2022-03-28]. Disponible en [https://oa.upm.es/52451/1/TESIS\\_MASTER\\_ERNESTO\\_VALLS\\_HERNANDEZ.pdf](https://oa.upm.es/52451/1/TESIS_MASTER_ERNESTO_VALLS_HERNANDEZ.pdf)

**IBARLUCIA, Daniela Gilselle.** Determinación del NO<sub>2</sub> (Dióxido de Nitrógeno) atmosférico en la ciudad de Tandil mediante muestreadores pasivos y una técnica espectrofotométrica [En línea] (Trabajo de titulación). (Grado) Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires. 2016. p.23 [Consulta: 2022-03-07]. Disponible en: <https://www.ridaa.unicen.edu.ar/xmlui/bitstream/handle/123456789/1442/TESIS%20Daniela%20Ibarlucia2017.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

**Loaiza, Y.** *El aire contaminado que respiramos en el Ecuador.* [blog]. [Consulta: 02 marzo 2022]. Disponible en <https://gk.city/2019/09/16/aire-contaminado-ecuador-ciudades/>

**LUNA TEJOCOTE, Almira Teohua.** Análisis de las concentraciones de Monóxidos de carbono utilizando los datos de las estaciones automática de monitoreo atmosférico de la zona metropolitana del valle de Toluca en el periodo de 2011 al 2017 [En línea] (Trabajo de titulación). (Maestría) Universidad Autónoma del Estado de México, México. 2017. p. 46. [Consulta: 2022-02-23]. Disponible en: <https://ri.uaemex.mx/bitstream/handle/20.500.11799/98633/UAEM-FaPUR-TESIS-Almira%20Teohua%20Luna%20Tejocote.pdf?sequence=1>

**MADRUGA ,D.** Avances en Química. Metodología pasiva empleada para la toma de muestra

de contaminantes atmosféricos. Redalyc, , [en línea], 2013, (Venezuela) 8(2),p. 116. [Consulta: 05 de abril 2022]. ISSN 111-119. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/933/93328462008.pdf>

**Manrique & Ossa.** Validación de los métodos espectrofotométricos para la determinación de SO<sub>x</sub> y NO<sub>x</sub> en muestras de aire [En línea] (Trabajo de titulación). (Grado).Universidad Tecnológica de Pereira, Pereira. 2010. p.25. [Consulta: 2022-01-09]. Disponible en <https://repositorio.utp.edu.co/server/api/core/bitstreams/610d7d02-9995-4e42-bed9-59c88097caf4/content>

**MOLINA, María., JIMENEZ, Juan.** “Desarrolló de la metodología para recolección y valoración de concentración de SO<sub>2</sub> del aire ambiente en el parque industrial y las zonas de mayor tráfico de la ciudad de Cuenca” En línea] (Trabajo de titulación). (Grado). Universidad Politécnica Salesiana, Cuenca, Ecuador. 2015.p.84. [Consulta: 2022-03-28].Disponible <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/8021/1/UPS-CT004887.pdf>

**MORETA, Modesto.** *COE de Ambato decide retornar a restricción vehicular de 23:00 a 5:00* [blog]. [Consulta: 03 marzo 2010]. Disponible en <https://www.elcomercio.com/actualidad/ecuador/coe-ambato-restriccion-vehicular-pandemia.html>

**PEREZ, D.** Estudio de emisiones contaminantes utilizando combustibles locales. *INNOVA*, [en línea], 2017, (Ecuador) 3(3),pp. 23-34. [Consulta: 05 de abril 2022]. ISSN 2477-9024. Disponible en: <https://revistas.uide.edu.ec/index.php/innova/article/view/635/597>

**Red Hidrometeorológica de Tungurahua.** *GeoPortal* [blog]. [Consulta: 02 marzo 2022]. Disponible en: <https://rrnn.tungurahua.gob.ec/red>. [Consulta: 02 marzo 2022]

**RUIZ VEGA, Andrea Elizabeth,** Evaluación de la dispersión de contaminantes atmosféricos del complejo termas de la virgen de la ciudad de Baños de Agua Santa [En línea] (Trabajo de titulación). (Grado). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador. 2018. pp.1-36. [Consulta: 2022-03-28].Disponible <http://dspace.espoch.edu.ec/bitstream/123456789/10543/1/236T0402.pdf>

**SALAZAR, D.** Análisis del comportamiento del Bióxido de Azufre (SO<sub>2</sub>) y su relación con la temperatura: Caso Zona Metropolitana del Valle de Toluca (ZMVT) 2011-2016 [En línea] (Trabajo de titulación). (Maestría). Universidad Autónoma del Estado de México, México. 2018. pp. 53-78. [Consulta: 2022-02-26]. Disponible en: <https://ri.uaemex.mx/bitstream/handle/20.500.11799/94660/Tesis.%20Daniela%20Salazar%20Avila.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

**SERPRAM.** *Monitoreo de SO<sub>2</sub> y NO<sub>2</sub> con tubos pasivos de difusión en el área de influencia de la central termoeléctrica Taltal ubicada en Paposo RCAL733/2007.* [en línea]. Servicios y Proyectos Ambientales S.A. Santiago – Chile, 2019. [Consulta: 02 marzo 2022]. Disponible en: <https://snifa.sma.gob.cl/General/DescargarInformeSeguimiento/228824>

**SIMBAÑA FARINANGO, Karina Jaqueline.** Determinación de los niveles de pH, conductividad, sulfatos y nitratos en muestras de agua lluvia, recolectadas en sectores de alta, mediana y baja contaminación ambiental atmosférica del Distrito Metropolitano de Quito [En línea] (Trabajo de titulación). (Maestría). Pontificia Universidad Católica Del Ecuador, Ecuador. 2011. pp. 11-26. [Consulta: 2022-02-29]. Disponible en <http://repositorio.puce.edu.ec/bitstream/handle/22000/4678/TESIS.pdf?sequence=3>

**TAPIA JARA, Cristina Isabel.** Diseño de una propuesta de red de calidad del aire para el Cantón Ambato, Provincia de Tungurahua. [En línea] (Trabajo de titulación). (Grado). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador. 2019. pp.1-36. [Consulta: 2022-03-28]. Disponible en: <http://dspace.unach.edu.ec/bitstream/51000/5589/1/UNACH-EC-ING-AMBT-2019-0006.pdf>

**Torres, et al.** Determinación de NO<sub>2</sub> atmosférico mediante captadores pasivos y cromatografía de intercambio iónico. *Scielo* [en línea], 2009, (Colombia) p35, 25-47. [Consulta: 02 marzo 2022]. ISSN 0122-3461. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/inde/n25/n25a02.pdf>

**VELASTEGUI, Ramiro.** “*Diagnóstico de las emisiones por fuentes fijas y diseño de un programa de monitoreo para el control de la calidad del aire en la ciudad de Ambato*”. [blog]. [Consulta: 14 marzo 2021]. Disponible en: <https://pt.scribd.com/document/268098753/Emisiones-Por-Fuentes-Fijas-Ambato-2011>

**VILLACIS CHACHAPOYA, María Priscila.** Valoración de la campaña de monitoreo pasivo de gases en la ciudad de Ambato para el diseño del sistema de calidad del aire de la ciudad 2013 - 2014 [En línea] (Trabajo de titulación). (Maestría) Universidad Internacional SEK, Quito, Ecuador. 2015. p.80. [Consulta: 2021-03-23]. Disponible en: <https://repositorio.uisek.edu.ec/bitstream/123456789/1092/1/Proyecto%20de%20fin%20de%20carrera.pdf>

**VILLAFUERTE, Fernanda.** *El mercado Mayorista apertura ingreso y salida para vehículos de emergencia* [blog]. [Consulta: 06 diciembre 2021]. Disponible en <https://ambato.gob.ec/2021/04/06/el-mercado-mayorista-apertura-ingreso-y-salida-para-vehiculos-de-emerg>

**VILLAFUERTE, Fernanda.** *El mercado Mayorista apertura ingreso y salida para vehículos de emergencia.* [blog]. [Consulta: 05 de abril 2022]. Disponible en: <https://ambato.gob.ec/2021/04/06/el-mercado-mayorista-apertura-ingreso-y-salida-para-vehiculos-de-emerg>

## ANEXOS

### ANEXO A: SITUACIÓN DEL MERCADO MAYORISTA DE AMBATO



Comerciantes en las instalaciones del Mercado.



Afluencia vehicular en las instalaciones del Mercado.



Afluencia vehicular en las afueras del Mercado.



Afluencia vehicular en las afueras del Mercado.

**ANEXO B: COLOCACIÓN DE MUESTREADORES PASIVOS.**



Colocación de muestreadores pasivos (P1) en las afueras del Mercado.



Colocación de muestreadores pasivos (P20) en las instalaciones del Mercado.



Colocación de muestreadores pasivos (P3) en las afueras del Mercado.

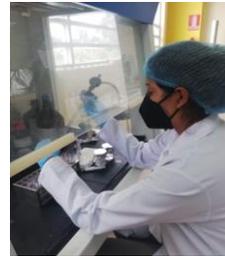


Colocación de muestreadores (P11) pasivos en las afueras del Mercado.

**ANEXO C: TRABAJO EN EL LABORATORIO, PREPARACIÓN DE SOLUCIONES  
CAPTADORAS**



Pesado de reactivos utilizados para la elaboración de soluciones captadoras.



Colocación de soluciones captadoras en los tubos.



Tubos con solución captadora para SO<sub>2</sub> y NO<sub>2</sub>, protegidos con taípe.



Tubos recolectados para su posterior análisis.



Preparación de tubos para ser llevados a analizar.



Tubos recolectados, y preparados para la determinación de SO<sub>2</sub> y NO<sub>2</sub>.



Medición de absorbancias de cada uno de los tubos recolectados durante el estudio.

**Realizado por:** Manotoa, Cynthia, 2022.

**ANEXO D: ABSORBANCIAS OBTENIDAS**

<b>PUNTO</b>	<b>DICIEMBRE 2021- ENERO 2022 (NO<sub>2</sub>)</b>						
	<b>S.1</b>	<b>S.2</b>	<b>S.3</b>	<b>S.4</b>	<b>S.5</b>	<b>S.6</b>	<b>S.7</b>
1	0,093	0,076	0,027	0,036	0,043	0,101	0,086
2	0,130	0,120	0,052	0,045	0,068	0,126	0,105
3	0,016	0,056	0,024	0,036	0,091	0,083	0,088
4	0,141	0,140	0,049	0,035	0,061	0,095	0,063
5	0,081	0,041	0,041	0,039	0,081	0,024	0,107
6	0,062	0,013	0,020	0,009	0,035	0,107	0,063
7	0,045	0,093	0,017	0,044	0,027	0,128	0,053
8	0,067	0,125	0,025	0,024	0,057	0,099	0,103
9	0,134	0,256	0,030	0,029	0,080	0,064	0,147
10	0,099	0,226	0,035	0,044	0,082	0,107	0,198
11	0,127	0,135	0,054	0,061	0,091	0,122	0,185
12	0,089	0,052	0,043	0,036	0,056	0,070	0,084
13	0,105	0,044	0,033	0,024	0,080	0,041	0,055
14	0,071	0,113	0,038	0,046	0,181	0,162	0,121
15	0,119	0,069	0,029	0,020	0,125	0,051	0,085
16	0,144	0,041	0,049	0,048	0,109	0,126	0,054
17	0,137	0,083	0,034	0,029	0,115	0,193	0,178
18	0,071	0,069	0,015	0,035	0,086	0,044	0,103
19	0,042	0,075	0,041	0,022	0,075	0,095	0,125
20	0,098	0,178	0,038	0,030	0,059	0,054	0,139
21	0,106	0,134	0,036	0,050	0,052	0,120	0,087
22	0,111	0,034	0,009	0,036	0,129	0,277	0,123

Realizado por: Manotoa, Cynthia, 2022.

PUNTO	DICIEMBRE 2021- ENERO 2022 (SO <sub>2</sub> )						
	S.1	S.2	S.3	S.4	S.5	S.6	S.7
1	0,111	0,017	0,101	0,182	0,017	0,176	0,006
2	0,070	0,051	0,119	0,166	0,007	0,027	0,010
3	0,113	0,043	0,115	0,161	0,027	0,040	0,007
4	0,058	0,005	0,117	0,179	0,055	0,084	0,071
5	0,037	0,006	0,131	0,163	0,028	0,186	0,020
6	0,032	0,060	0,101	0,192	0,020	0,059	0,035
7	0,035	0,034	0,075	0,178	0,011	0,045	0,015
8	0,067	0,073	0,085	0,271	0,025	0,062	0,035
9	0,062	0,114	0,113	0,207	0,017	0,058	0,043
10	0,039	0,025	0,127	0,198	0,040	0,079	0,008
11	0,035	0,014	0,139	0,012	0,072	0,072	0,031
12	0,025	0,012	0,139	0,014	0,041	0,124	0,036
13	0,064	0,014	0,145	0,060	0,090	0,028	0,004
14	0,086	0,019	0,175	0,152	0,046	0,057	0,027
15	0,041	0,013	0,156	0,129	0,104	0,026	0,024
16	0,057	0,021	0,144	0,144	0,029	0,024	0,010
17	0,124	0,004	0,166	0,031	0,109	0,112	0,006
18	0,033	0,023	0,161	0,109	0,097	0,056	0,019
19	0,110	0,052	0,182	0,098	0,071	0,065	0,016
20	0,013	0,065	0,179	0,101	0,071	0,120	0,087
21	0,024	0,025	0,170	0,158	0,109	0,053	0,053
22	0,124	0,029	0,216	0,072	0,122	0,140	0,013

Realizado por: Manotoa, Cynthia, 2022.

**ANEXO E: AUTORIZACIÓN DE USO DE POSTES PROPIEDAD DE LA EEASA.**



46716/2021

MEMORANDO No. DIST-AP-0961-2021

**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 PARA LA EVALUACIÓN DE SO<sub>2</sub> Y NO<sub>2</sub> EMPLEANDO MUESTREO PASIVO EN EL MERCADO MAYORISTA DE LA CIUDAD DE AMBATO.  
**FECHA:** Noviembre 30, 2021

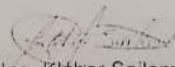
En atención al trámite 45553/2021 presentado por la Srta. Cynthia Elisa Manotoa Villares, egresada de la carrera de Ingeniería en Biotecnología Ambiental de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, solicitando la autorización para la instalación de PUNTOS DE MONITOREO en postes propiedad de la Empresa Eléctrica Ambato Regional Centro Norte S.A; para la evaluación de SO<sub>2</sub> y NO<sub>2</sub> empleando muestreo pasivo en el Mercado Mayorista de la ciudad de Ambato; cuyos equipos a ser instalados corresponden a pequeñas cajas metálicas de 8x17cm ubicados a una altura de 2 a 3 metros del nivel del piso; al respecto me permito indicar:

En dicho sector de acuerdo a la inspección realizada se tienen 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.

*DIST  
De acuerdo a  
se autoriza  
con permiso*

Por lo indicado, me permito solicitar se emita la autorización para la instalación de puntos de monitoreo, los mismos que han sido desarrollados por la Srta. Cynthia Elisa Manotoa Villares para el cumplimiento de su trabajo de titulación, enfatizando que la EEASA no se responsabiliza por daños provocados por terceros en la infraestructura instalada.

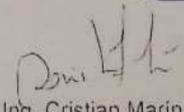
Atentamente,

  
Ing. Kléber Sailema  
JEFE ÁREA ALUMBRADO PÚBLICO



Visto Bueno

  
Ing. Ángel Silva  
JEFE SECCIÓN ALUMBRADO PÚBLICO  
KS/ks

  
Ing. Cristian Marin  
DIRECTOR DISTRIBUCIÓN (E)

**ANEXO F: OFICIO SOBRE ENTREGA DE DATOS METEOROLÓGICOS POR PARTE DEL H. GOBIERNO PROVINCIAL DE TUNGURAHUA.**



**Honorable Gobierno  
Provincial de Tungurahua**

• Bolívar 437 y Castilla esquina  
• P.O. Box 0230  
• Casilla 18 01 100  
• [gobierno.provincia@tungurahua.gob.ec](mailto:gobierno.provincia@tungurahua.gob.ec)



Ambato, 07 de febrero de 2022

**DRH-361-2022**

Señorita,

Cynthia Elisa Manotas Villacra.

Presente

De mi consideración:

Reciba un cordial saludo, la presente tiene como objeto de realizar la entrega de los datos meteorológicos solicitados mediante oficio **S/N**, recibido el día 03 de febrero de 2022, la cual se ha enviado a las direcciones mencionadas en el mismo.

La información meteorológica, enviada corresponde a las siguientes variables meteorológicas en dato diario: Precipitación, Temperatura Ambiental, Humedad Relativa, Dirección de viento y Velocidad de viento.

Es cuanto se puede certificar, del comportamiento climático del periodo solicitado.

**Atentamente**

**Visto Bueno**

Ingl. David Mantilla R.

**Analista "2"**  
**Administrador Red**  
**Hidrometeorológica**

Ingl. Angel Valdez Sevilla  
**Director de Recursos**  
**Hídricos y Conservación**  
**Ambiental**  
**H. Gobierno Provincial de**  
**Tungurahua**



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: 22 / 09 / 2022

**INFORMACIÓN DEL AUTOR/A (S)**

**Nombres – Apellidos:** Cynthia Elisa Manotoa Villares

**INFORMACIÓN INSTITUCIONAL**

**Facultad:** Ciencias

**Carrera:** Ingeniería en Biotecnología Ambiental

**Título a optar:** Ingeniera en Biotecnología Ambiental

**f. Analista de Biblioteca responsable:** Ing. Leonardo Medina Ñuste MSc.

1770-DBRA-UTP-2022