



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**

**FACULTAD DE CIENCIAS**

**CARRERA INGENIERÍA AMBIENTAL**

**ANÁLISIS DE CONTAMINANTES ATMOSFÉRICOS EN LA  
ENTRADA NORTE (AV. PANAMERICANA) Y EL NUEVO  
ACCESO NORTE (AV. REPÚBLICA) DE LA CIUDAD DE  
RIOBAMBA COMO INDICADORES DE LA CALIDAD DE AIRE**

**Trabajo de Integración Curricular**

Tipo: Proyecto Técnico

Presentado para optar al grado académico de:

**INGENIERA AMBIENTAL**

**AUTORAS:**

**ITATI GISSEL GAIBOR PUENTE**

**LETICIA SEBASTIANA SALINAS GAONA**

Riobamba – Ecuador

2022



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

**ANÁLISIS DE CONTAMINANTES ATMOSFÉRICOS EN LA  
ENTRADA NORTE (AV. PANAMERICANA) Y EL NUEVO  
ACCESO NORTE (AV. REPÚBLICA) DE LA CIUDAD DE  
RIOBAMBA COMO INDICADORES DE LA CALIDAD DE AIRE**

**Trabajo de Integración Curricular**

Tipo: Proyecto Técnico

Presentado para optar al grado académico de:

**INGENIERA AMBIENTAL**

**AUTORAS: ITATI GISSEL GAIBOR PUENTE**

**LETICIA SEBASTIANA SALINAS GAONA**

**DIRECTORA: Ing. MARÍA RAFAELA VITERI UZCATEGUI Msc.**

Riobamba – Ecuador

2022

**©2022, Itati Gissel Gaibor Puente & Leticia Sebastiana Salinas Gaona**

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

Nosotras, Itati Gissel Gaibor Puente y Leticia Sebastiana Salinas Gaona, declaramos que el presente Trabajo de Integración Curricular es de nuestra autoría y los resultados del mismo, son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

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

Riobamba, 15 de diciembre de 2022



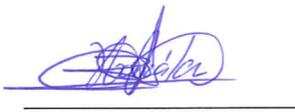
**ITATI GISSEL GAIBOR PUENTE**  
210065399-3



**LETICIA SEBASTIANA SALINAS GAONA**  
110522045-1

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

El Tribunal del Trabajo de Integración Curricular certifica que: El Trabajo de Integración Curricular; Tipo: Proyecto Técnico **ANÁLISIS DE CONTAMINANTES ATMOSFÉRICOS EN LA ENTRADA NORTE (AV. PANAMERICANA) Y EL NUEVO ACCESO NORTE (AV. REPÚBLICA) DE LA CIUDAD DE RIOBAMBA COMO INDICADORES DE LA CALIDAD DE AIRE** realizado por las señoritas: **ITATI GISSEL GAIBOR PUENTE y LETICIA SEBASTIANA SALINAS GAONA**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del Trabajo de Integración Curricular, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos y legales, en tal virtud el Tribunal autoriza su presentación.

	<b>FIRMA</b>	<b>FECHA</b>
Ing. María Soledad Núñez Moreno <b>PRESIDENTE DEL TRIBUNAL</b>	 _____	15-12-2022
Ing. María Rafaela Viteri Uzcátegui. <b>DIRECTORA DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR</b>	 _____	15-12-2022
Ing. Juan Carlos González García. <b>ASESOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR</b>	 _____	15-12-2022

## **DEDICATORIA**

Dedico este trabajo a mis padres Marlene y Héctor, a mi hermano José, mi cuñada Mayra y a mi bella sobrina Sofía, quienes me han brindado su apoyo incondicional siendo parte de mi trabajo y desempeño realizado para culminar con éxito esta etapa de formación profesional, también dedico este trabajo a mis amigos y compañeros, a mis mascotas y demás personas presentes a lo largo de esta experiencia y vida. Con amor y gratitud para todos ustedes.

***Itatí***

Dedico el presente trabajo de investigación a mis padres Bélgica y José que demuestran que no solo es el esfuerzo continuo, si no el apoyo incondicional; los que forman a una persona y que eternamente estaré agradecida, sin su esfuerzo nada de esto no hubiera sido posible a pesar de las circunstancias. En particular a mi madre, pilar que ha forjado mi camino con su amor desinteresado, que nunca me ha soltado, que en las buenas y malas a estado conmigo, A mis hermanas Susana y Dunia, a mis sobrinos, por todo el cariño, aprecio, consejos y animo que me han brindado. A Luis Fernando por su amor, ser mi refugio, mi apoyo. A mis docentes porque, gracias a su preparación y enseñanzas he sido capaz de convertirme en una profesional.

***Leticia***

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradecemos infinitamente a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo y a nuestros docentes por impartir sus conocimientos en nuestra formación profesional. Un agradecimiento especial a nuestra tutora la ingeniera Rafaela Viteri por su apoyo incondicional en cada una de las etapas del desarrollo de este trabajo de titulación. Finalmente, agradecemos a nuestros padres y familiares por ser los pilares y parte del esfuerzo realizado en este camino a la meta profesional, a nuestros amigos y compañeros por su predisposición y ayuda para lograr con éxito nuestro propósito.

*Itatí & Leticia*

## TABLA DE CONTENIDOS

ÍNDICE DE TABLAS.....	ix
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xii
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	xiii
ÍNDICE DE ECUACIONES .....	xiv
ÍNDICE DE ANEXOS .....	xviii
RESUMEN.....	xvi
SUMMARY .....	xvi
INTRODUCCIÓN .....	1

### CAPÍTULO I

<b>1. DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA .....</b>	<b>2</b>
1.1. Antecedentes.....	2
1.2. Planteamiento del problema .....	2
1.3. Justificación.....	3
1.4. Objetivos.....	3
1.4.1. <i>Objetivo general</i> .....	3
1.4.2. <i>Objetivos Específicos</i> .....	3

### CAPÍTULO II

<b>2. MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>5</b>
2.1. Antecedentes de la investigación .....	5
2.2. Referencias Teóricas.....	6
2.2.1. <i>Atmósfera</i> .....	6
2.2.1.1. <i>Componentes de la atmósfera</i> .....	6
2.2.1.2. <i>Estructura de la atmósfera</i> .....	6
2.2.1.3. <i>Contaminación atmosférica</i> .....	8
2.2.2. <i>Óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>)</i> .....	10
2.2.2.1. <i>Dióxido de nitrógeno (NO<sub>2</sub>)</i> .....	10
2.2.3. <i>Óxidos de azufre (SO<sub>x</sub>)</i> .....	11
2.2.3.1. <i>Dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>)</i> .....	11

2.2.4.	<i>Material particulado</i> .....	12
2.2.4.1.	<i>Tipos de material particulado</i> .....	12
2.2.5.	<i>Muestreo atmosférico</i> .....	14
2.2.6.	<i>Ley de Fick</i> .....	15
2.3.	<b>Base legal</b> .....	16
2.3.1.	<i>Acuerdo Ministerial 097A. REFORMA LIBRO VI DEL TEXTO UNIFICADO DE LEGISLACIÓN SECUNDARIA DEL MINISTERIO DEL AMBIENTE</i> .....	16

### CAPÍTULO III

3.	<b>MARCO METODOLÓGICO</b> .....	19
3.1.	<b>Área de Estudio</b> .....	19
3.2.	<b>Tamaño de Muestra</b> .....	20
3.3.	<b>Puntos de muestreo</b> .....	20
3.3.1.	<i>Entrada norte 1: Av. Panamericana</i> .....	20
3.3.2.	<i>Entrada norte 2: Av. República</i> .....	20
3.4.	<b>Proceso de muestreo</b> .....	20
3.5.	<b>Preparación de muestreadores pasivos</b> .....	20
3.5.1.	<i>Muestreadores pasivos para Material Particulado Sedimentable (MPS)</i> .....	21
3.5.2.	<i>Muestreadores pasivos NO<sub>2</sub> Y SO<sub>2</sub></i> .....	22
3.5.2.1.	<i>Muestreadores para Dióxido de Nitrógeno (NO<sub>2</sub>)</i> .....	23
3.5.2.2.	<i>Muestreadores para Dióxido de Azufre (SO<sub>2</sub>)</i> .....	24
3.5.3.	<i>Exposición y recolección de los tubos muestreadores de NO<sub>2</sub> y SO<sub>2</sub></i> .....	25
3.5.4.	<i>Análisis de muestreadores pasivos</i> .....	26
3.5.4.1.	<i>Análisis de muestreadores de Dióxido de Nitrógeno (NO<sub>2</sub>)</i> .....	26
3.5.5.	<i>Corrección de la concentración ambiental de acuerdo a las condiciones de la localidad para NO<sub>2</sub> y SO<sub>2</sub></i> .....	30
3.5.6.	<i>Mapas de concentración de contaminantes</i> .....	31
3.5.7.	<i>Análisis estadístico comparativo</i> .....	31
3.5.8.	<i>Análisis comparativo con la Norma de la Calidad de Aire</i> .....	32

### CAPÍTULO IV

4.	<b>MARCO DE ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS</b> .....	33
4.1.	<b>Puntos de Muestreo</b> .....	33
4.1.1.	<i>Coordenadas de los puntos de muestreo de a Av. Panamericana</i> .....	33

4.1.2.	<i>Coordenadas de los puntos de muestreo Av. República</i>	34
4.1.3.	<i>Concentración de MPS entrada norte 1: Avenida Panamericana</i>	35
4.1.4.	<i>Concentración de MPS entrada norte 2: Avenida República</i>	37
4.1.5.	<i>Concentración MPS promedio Av. Panamericana y Av. República</i>	38
4.2.	<b>Dióxido de Nitrógeno (NO<sub>2</sub>)</b>	39
4.2.1.	<i>Concentración (NO<sub>2</sub>) entrada norte 1: Av. Panamericana</i>	39
4.2.2.	<i>Concentración (NO<sub>2</sub>) entrada norte 2: Av. República</i>	40
4.2.3.	<i>Concentración Promedio (NO<sub>2</sub>)</i>	41
4.2.4.	<i>Promedio General de concentraciones de NO<sub>2</sub> de la Av. Panamericana y Av. República</i>	44
4.3.	<b>Dióxido de Azufre (SO<sub>2</sub>)</b>	45
4.3.1.	<i>Concentración (SO<sub>2</sub>) entrada norte 1: Av. Panamericana</i>	46
4.3.2.	<i>Concentración (SO<sub>2</sub>) entrada norte 1: Av. República</i>	47
4.3.3.	<i>Concentración Promedio (SO<sub>2</sub>)</i>	48
4.3.4.	<i>Promedio General de concentraciones de NO<sub>2</sub> de la Av. Panamericana y Av. República</i>	50
4.4.	<b>Mapas temáticos de las concentraciones de NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub> y MPS usando el SOFTWARE ARCGIS</b>	51
4.4.1.	<i>Material Particulado Sedimentable (MPS)</i>	52
4.4.2.	<i>Dióxido de Nitrógeno (NO<sub>2</sub>)</i>	53
4.5.	<b>Análisis estadístico comparativo</b>	56
4.6.	<b>Análisis Comparativo con la Norma de la calidad del aire</b>	58
4.6.1.	<i>Material Particulado Sedimentable (MPS)</i>	58
4.6.2.	<i>Dióxido de Nitrógeno (NO<sub>2</sub>)</i>	60
4.6.3.	<i>Dióxido de Azufre (SO<sub>2</sub>)</i>	63
	<b>CONCLUSIONES</b>	64
	<b>RECOMENDACIONES</b>	68
	<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	
	<b>ANEXOS</b>	

## ÍNDICE DE TABLAS:

<b>Tabla 1-2:</b>	Principales contaminantes primarios .....	9
<b>Tabla 2-2:</b>	Principales contaminantes secundarios .....	10
<b>Tabla 3-2:</b>	Norma de Calidad del Aire Ambiente o Nivel de Inmisión. ....	16
<b>Tabla 4-2:</b>	Concentraciones de contaminantes criterio que definen los niveles de alerta, de alarma y de emergencia en la calidad del aire.....	18
<b>Tabla 5-3:</b>	Materiales y equipos para muestreo pasivo MPS .....	21
<b>Tabla 6-3:</b>	Fórmula para polvo atmosférico sedimentable.....	22
<b>Tabla 7-3:</b>	Materiales, equipos y reactivos para muestreo pasivo NO <sub>2</sub> .....	23
<b>Tabla 8-3:</b>	Materiales, equipos y reactivos para muestreo pasivo SO <sub>2</sub> .....	24
<b>Tabla 9-3:</b>	Proceso de exposición y recolección de los tubos muestreadores de NO <sub>2</sub> y SO <sub>2</sub> . ..	25
<b>Tabla 10-3:</b>	Numeración usada para etiqueta de los tubos muestreadores .....	25
<b>Tabla 11-3:</b>	Fecha de los monitoreos realizados .....	25
<b>Tabla 12-3:</b>	Materiales, equipos y reactivos .....	26
<b>Tabla 13-3:</b>	Relación entre absorbancia – concentración de nitritos en el tubo.....	27
<b>Tabla 14-3:</b>	Pasos para el cálculo de la concentración de NO <sub>2</sub> .....	28
<b>Tabla 15-3:</b>	Materiales, equipos y reactivos .....	28
<b>Tabla 16-3:</b>	Relación entre absorbancia y concentración de sulfatos en el tubo.....	29
<b>Tabla 17-3:</b>	Pasos para el cálculo de la concentración de SO <sub>2</sub> .....	30
<b>Tabla 18-3:</b>	Ecuación para corrección de la concentración ambiental .....	31
<b>Tabla 19-3:</b>	Datos para corregir las concentraciones de NO <sub>2</sub> y SO <sub>2</sub> a condiciones locales ...	31
<b>Tabla 20-3:</b>	Coordenadas de los puntos de muestreo en la Av. Panamericana .....	33
<b>Tabla 21-3:</b>	Coordenadas de los puntos de muestreo en la Av. República .....	34
<b>Tabla 22-4:</b>	Concentración Material Particulado Sedimentable Av. Panamericana .....	36
<b>Tabla 23-4:</b>	Concentración Material Particulado Sedimentable Av. República .....	37
<b>Tabla 24-4:</b>	Concentraciones MPS promedio Av. Panamericana y Av. República .....	38
<b>Tabla 25-4:</b>	Resultados de concentración de NO <sub>2</sub> Av. Panamericana .....	39
<b>Tabla 26-4:</b>	Resultados de concentración de NO <sub>2</sub> Av. República.....	40
<b>Tabla 27-4:</b>	Concentración Promedio NO <sub>2</sub> Av. Panamericana .....	42
<b>Tabla 28-4:</b>	Concentración Promedio NO <sub>2</sub> Av. República .....	43
<b>Tabla 29-4:</b>	Concentraciones NO <sub>2</sub> promedio general Av. Panamericana y Av. República ...	44
<b>Tabla 30-4:</b>	Resultados de concentración de SO <sub>2</sub> Av. Panamericana .....	46
<b>Tabla 31-4:</b>	Resultados de concentración de SO <sub>2</sub> Av. República .....	47
<b>Tabla 32-4:</b>	Concentración Promedio SO <sub>2</sub> Av. Panamericana .....	48

<b>Tabla 33-4:</b>	Concentración Promedio SO <sub>2</sub> Av. República.....	49
<b>Tabla 34-4:</b>	Concentraciones SO <sub>2</sub> promedio general Av. Panamericana y Av. República....	50
<b>Tabla 35-4:</b>	Estadística descriptiva de las concentraciones de MPS, y concentraciones promedio de NO <sub>2</sub> y SO <sub>2</sub> en la dos Avenidas.....	56
<b>Tabla 36-4:</b>	Comparación de las concentraciones de MPS y límites permisibles establecidos en el Acuerdo Ministerial 097-A en la Av. Panamericana .....	58
<b>Tabla 37-4:</b>	Comparación de las concentraciones de MPS y límites permisibles establecidos en el Acuerdo Ministerial 097-A en la Av. República .....	59
<b>Tabla 38-4:</b>	Comparación de las concentraciones de NO <sub>2</sub> y límites permisibles establecidos en el Acuerdo Ministerial 097-A en la Av. Panamericana .....	60
<b>Tabla 39-4:</b>	Comparación de las concentraciones de NO <sub>2</sub> y límites permisibles establecidos en el Acuerdo Ministerial 097-A en la Av. República .....	62
<b>Tabla 40-4:</b>	Comparación de las concentraciones de SO <sub>2</sub> y límites permisibles establecidos en el Acuerdo Ministerial 097-A en la Av. Panamericana .....	63
<b>Tabla 41-4:</b>	Comparación de las concentraciones de SO <sub>2</sub> y límites permisibles establecidos en el Acuerdo Ministerial 097-A en la Av. República .....	65

## ÍNDICE DE FIGURAS:

<b>Figura 1-2:</b>	Estructura de la atmósfera.....	7
<b>Figura 2-3:</b>	Mapa de ubicación de la Av. Panamericana y Av. República .....	19
<b>Figura 4-3:</b>	Proceso de muestreadores pasivos MPS .....	21
<b>Figura 5-3:</b>	Proceso para el muestreo pasivo de NO <sub>2</sub> Y SO <sub>2</sub> .....	22
<b>Figura 6-3:</b>	Preparación del tubo muestreador para NO <sub>2</sub> .....	23
<b>Figura 7-3:</b>	Preparación del tubo muestreador para SO <sub>2</sub> .....	24
<b>Figura 8-3:</b>	Proceso prueba colorimétrica NO <sub>2</sub> .....	26
<b>Figura 9-3:</b>	Análisis de los muestreadores SO <sub>2</sub> .....	29
<b>Figura 3-3:</b>	Puntos de muestreo de la Av. Panamericana y Av. República .....	34
<b>Figura 10-4:</b>	Mapa de concentraciones de MPS en las dos avenidas.....	52
<b>Figura 11-4:</b>	Mapa de concentraciones de NO <sub>2</sub> en las dos avenidas .....	53
<b>Figura 12-4:</b>	Mapa de concentraciones de SO <sub>2</sub> en las dos avenidas .....	54

## ÍNDICE DE GRÁFICOS:

<b>Gráfico 1-3:</b>	Curva de calibración NO <sub>2</sub> .....	27
<b>Gráfico 2-3:</b>	Curva de calibración SO <sub>2</sub> .....	29
<b>Gráfico 5-4:</b>	Representación de concentraciones MPS promedio Av. Panamericana y Av. República.....	38
<b>Gráfico 14-4:</b>	Representación de concentraciones promedio de NO <sub>2</sub> Av. Panamericana.....	42
<b>Gráfico 15-4:</b>	Representación de concentraciones promedio de NO <sub>2</sub> Av. República.....	44
<b>Gráfico 5-4:</b>	Representación de concentraciones NO <sub>2</sub> promedio general Av. Panamericana y Av. República.....	45
<b>Gráfico 23-4:</b>	Representación de concentraciones promedio de SO <sub>2</sub> Av. Panamericana .....	48
<b>Gráfico 24-4:</b>	Representación de concentraciones promedio de SO <sub>2</sub> Av. República .....	50
<b>Gráfico 5-4:</b>	Representación de concentraciones SO <sub>2</sub> promedio general Av. Panamericana y Av. República.....	51

## ÍNDICE DE ECUACIONES:

<b>Ec. 1-2:</b>	Primera Ley de Fick.....	155
<b>Ec. 2-3:</b>	Polvo Atmosférico Sedimentable.....	222
<b>Ec. 3.3:</b>	Concentración de nitrito en el tubo .....	288
<b>Ec. 4-3:</b>	Masa de nitritos en el tubo .....	288
<b>Ec. 5-3:</b>	Concentración de NO <sub>2</sub> en el ambiente .....	288
<b>Ec. 6-3:</b>	Concentración de sulfatos en el tubo .....	300
<b>Ec. 7-3:</b>	Masa de sulfatos en el tubo .....	300
<b>Ec. 8-3:</b>	Concentración de SO <sub>2</sub> en el ambiente .....	300
<b>Ec. 9-3:</b>	Concentración corregida .....	311

## **ÍNDICE DE ANEXOS:**

**ANEXO A:** PREPARACIÓN DE TUBOS MUESTREADORES Y CAJAS PETRI

**ANEXO B:** COLOCACIÓN Y RECOLECCIÓN DE PORTAMUESTREADORES

**ANEXO C:** ANÁLISIS DE LOS TUBOS MUESTREADORES Y CAJAS PETRI

## RESUMEN

El proyecto técnico tuvo como objetivo analizar los contaminantes atmosféricos en la entrada norte (Av. Panamericana) y el nuevo acceso norte (Av. República) de la ciudad de Riobamba, para el análisis de los contaminantes atmosféricos. Se identificó 40 puntos estratégicos de muestreo, 20 para cada vía; se determinó la concentración de Dióxido de Nitrógeno (NO<sub>2</sub>) y Dióxido de Azufre (SO<sub>2</sub>) a partir de cuatro monitoreos ejecutados por períodos de siete días cada uno y Material Particulado Sedimentable (MPS) durante 30 días de forma continua, utilizando la técnica de muestreadores pasivos; una vez realizada la exposición se realizó pruebas colorimétricas para establecer la presencia de los contaminantes en los captadores y la medición de absorbancia por espectrofotometría UV-Visible para NO<sub>2</sub> y SO<sub>2</sub>, mientras que para MPS se realizó por gravimetría, mediante ecuaciones matemáticas se calculó las concentraciones de cada uno de los contaminantes. Como resultado se determinó concentraciones promedio para MPS de 0,911 mg/c<sup>2</sup>/mes en la Av. Panamericana y 1,005 mg/cm<sup>2</sup>/mes en la Av. República, para (NO<sub>2</sub>): 76.8475 ug/m<sup>3</sup> en la Av. Panamericana y 63.6059 ug/m<sup>3</sup> en la Av. República y para (SO<sub>2</sub>): 55.4627 ug/m<sup>3</sup> en la Av. Panamericana y 43.0533 ug/m<sup>3</sup> en la Av. República; al comparar con la norma de calidad del aire las concentraciones de NO<sub>2</sub> y SO<sub>2</sub> en todos los puntos de muestreo cumplen con los límites permisibles a diferencia del MPS que en 12 puntos en la Av. Panamericana y 4 en la Av. República presentan concentraciones superiores a los límites permisibles. A partir de esta cuantificación y comparación de ambas avenidas se evidencia que la Av. Panamericana presenta mayor contaminación al tener alta presencia de urbanización, actividades de construcción y tránsito vehicular, por lo que se recomienda realizar estudios similares en áreas aledañas o con características similares a la zona de estudio.

**Palabras clave:** <CALIDAD DEL AIRE>, <ESPECTROFOTOMETRÍA>, <MUESTREADORES PASIVOS>, <DIÓXIDO DE NITRÓGENO>, <DIÓXIDO DE AZUFRE>, <MATERIAL PARTICULADO SEDIMENTABLE>.

  
D.B.R.A.  
Ing. Cristian Castillo



2468-DBRA-UPT-2022

## SUMMARY

The objective of this study was to analyse the atmospheric pollutants at the north entrance (Av. Panamericana) and the new north access (Av. República) of the city of Riobamba for the analysis of atmospheric pollutants. Forty strategic sampling points were identified, 20 for each route; The concentration of Nitrogen Dioxide (NO<sub>2</sub>) and Sulphur Dioxide (SO<sub>2</sub>) was determined from four monitoring carried out for periods of seven days each and Sedimentable Particulate Material (MPS) for 30 days continuously, using the sampler technique. Passives: Once the exposure was carried out, colourimetric tests were conducted to establish the presence of the contaminants in the collectors and the absorbance measurement by UV-Visible spectrophotometry for NO<sub>2</sub> and SO<sub>2</sub>, while for MPS it was carried out by gravimetry, using mathematical equations to calculate the concentrations. Of each of the contaminants. As a result, average concentrations for MPS of 0.911 mg/cm<sup>2</sup>/month were determined on Av. Panamericana and 1.005 mg/cm<sup>2</sup>/month on Av. República, for (NO<sub>2</sub>): 76.8475 ug/m<sup>3</sup> on Av. Panamericana and 63.6059 ug /m<sup>3</sup> on Av. República and for (SO<sub>2</sub>): 55.4627 ug/m<sup>3</sup> on Av. Panamericana and 43.0533 ug/m<sup>3</sup> on Av. República; When comparing with the air quality standard, the concentrations of NO<sub>2</sub> and SO<sub>2</sub> at all sampling points comply with the permissible limits, unlike the MPS, which at 12 points on Av. Panamericana and 4 on Av. República has concentrations higher than the limits allowable. Based on this quantification and comparison of both avenues, it is evident that Av. Panamericana presents more significant contamination as it has a high presence of urbanisation, construction activities and vehicular traffic. For this reason, it is recommended to carry out similar studies in neighbouring areas or with similar characteristics to the study area.

**Keywords:** <AIR QUALITY>, <SPECTROPHOTOMETRY> <PASSIVE SAMPLERS>, <NITROGEN DIOXIDE>, <SULFUR DIOXIDE>, <SEDIMENTABLE PARTICULATE MATERIAL>.



Ing. Paul Obregón. Mgs

0601927122

## INTRODUCCIÓN

La contaminación del aire es una de las principales problemáticas, que requieren de una intervención inmediata para salvaguardar la salud de la población y del ambiente, este tipo de contaminación consiste en la presencia de sustancias y agentes nocivos de carácter físico, biológico o químico, que son producidos naturalmente o generados por actividades antrópicas, que dependiendo de su concentración y tiempo determinado, pueden generar efectos adversos (Ariza et al., 2014, p. 21), de ahí la importancia de su estudio que se basa en el control de las emisiones de contaminantes atmosféricos, y están sustentados con las evidencias de impactos negativos que inciden en la salud de los seres vivos, por tanto deterioran la calidad de vida de la población, ecosistemas, la flora y fauna (Franco, 2012, p. 72).

Uno de los factores determinantes de la calidad el aire, es el clima, debido a que las variables meteorológicas tales como temperatura, precipitación, presión atmosférica, viento, humedad y radiación solar son condicionantes de la dispersión de los contaminantes, a su vez es de suma importancia el fenómeno de la inversión térmica que consiste en el aumento de la temperatura en función de la altura, el cual suprime la mezcla vertical de sustancias contaminantes produciendo estratificaciones y baja dispersión (Weitzenfeld, 1992, p. 2). Este fenómeno es muy frecuente en la estación de invierno, por tanto, explica la alta concentración de contaminantes en la ciudad de Riobamba por su clima que es regularmente frío, con dos estaciones, húmedo y seco.

Por tal razón se realizó el estudio de la concentración de los contaminantes atmosféricos: Dióxido de Nitrógeno ( $\text{NO}_2$ ), Dióxido de Azufre ( $\text{SO}_2$ ) y Material Particulado Sedimentable (MPS), en la entrada norte (Av. Panamericana) y el nuevo acceso norte (Av. República) de la ciudad de Riobamba, mediante la implementación de muestreadores pasivos, con el objeto de recopilar información que sirva como indicador de la calidad del aire de la zona de estudio, estableciendo un punto de partida para próximas investigaciones a realizarse.

## CAPÍTULO I

### 1. DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA

#### 1.1. Antecedentes

Según la Organización Mundial de la Salud, la contaminación del aire aumenta el riesgo de padecer enfermedades respiratorias agudas, como la neumonía y crónicas como cáncer de pulmón y otras enfermedades. El Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica, señaló que, para el Gobierno Nacional “*es una prioridad el implementar acciones enfocadas en mejorar la calidad de vida de los ecuatorianos, a través del fortalecimiento de políticas públicas encaminadas a la reducción de la contaminación de los recursos agua, aire y suelo*” (MAATE, 2020). En la actualidad se considera a la contaminación del aire como uno de los principales problemas ambientales en las zonas urbanas de todo el mundo, debido a factores como la industria manufacturera, el intenso flujo de vehículos, el uso de tecnologías obsoletas en el proceso productivo, la deficiente calidad de los saneamientos y la falta de planificación del crecimiento urbano (Ochoa et al., 2015, p. 2). En virtud de lo cual esta investigación siendo la primicia, en la ciudad de Riobamba, es importante para determinar la concentración de los contaminantes atmosféricos entre las dos vías de mayor circulación.

#### 1.2. Planteamiento del problema

La contaminación del aire es un problema a nivel mundial, desde años anteriores hasta la actualidad; el desarrollo económico, el crecimiento poblacional, la urbanización, el avance de diversas actividades como la industria petrolera, la explotación de recursos, los servicios, la agroindustria y el incremento de automotores conlleva a un alto consumo de combustibles fósiles que generan grandes emisiones de gases contaminantes, que al relacionarse con las condiciones ambientales tienen efectos nocivos en la salud humana, los ecosistemas y los recursos materiales (Romero et al., 2006, p. 10).

Los principales contaminantes atmosféricos urbanos del mundo son el dióxido de carbono, el monóxido de carbono, los hidrocarburos, los óxidos de nitrógeno, los óxidos de azufre y el ozono, motivo por el cual son los más estudiados, estos gases contribuyen al efecto invernadero que favorece al calentamiento global, destrucción de la capa de ozono y están relacionados con el cambio climático (Ballester, 2005, p. 6). Las ciudades con crecimiento continuo se caracterizan por fuentes de contaminación antropogénicas debido al crecimiento de la población y de la industria. Estas fuentes emiten monóxido de carbono (CO), óxidos de azufre (SOx), óxidos de nitrógeno

(NO<sub>x</sub>), ozono (O<sub>3</sub>) y material particulado, generando un incremento de concentración de estos contaminantes en la atmósfera, afectando la salud de las personas, incrementando los problemas respiratorios producidos por el smog fotoquímico, problemas en la vegetación por lluvias ácidas, problemas en los cultivos y otros daños al ambiente (Bermeo y Vega, 2018, p. 22).

### **1.3. Justificación**

La contaminación atmosférica está presente principalmente en zonas urbanas e industriales, de ahí la importancia de implementar estrategias que garanticen el control y monitoreo de la calidad del aire. En las entradas norte de la ciudad de Riobamba, se percibe el deterioro en la atmósfera, debido a que comprende zonas de alta circulación vehicular, construcción y áreas comerciales, esto afecta la salud de sus habitantes y la calidad ambiental en la ciudad, por tal motivo es de gran importancia realizar estudios que permitan determinar las concentraciones de los contaminantes atmosféricos tales como el dióxido de azufre, dióxido de nitrógeno y material particulado sedimentable presentes en las ciudades de constante desarrollo, con el fin de implementar estrategias en conjunto con las autoridades competentes, para que se tomen medidas que permitan beneficiar a la población, mediante la gestión ambiental del cantón.

Este proyecto técnico es factible de aplicar, debido a que cuenta con la bibliografía necesaria proporcionada por la biblioteca de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, por los aportes de los investigadores y el correspondiente asesoramiento de profesionales, que cuentan con conocimientos en el tema y la experiencia en el área de calidad ambiental atmosférica.

### **1.4. Objetivos**

#### ***1.4.1. Objetivo general***

- Analizar los contaminantes atmosféricos en la entrada norte (Av. Panamericana) y el nuevo acceso norte (Av. República) de la ciudad de Riobamba como indicadores de la calidad de aire.

#### ***1.4.2. Objetivos Específicos***

- Identificar los puntos estratégicos de muestreo en la entrada norte (Av. Panamericana) y el nuevo acceso (Av. República) de la ciudad de Riobamba.

- Determinar la concentración de Dióxido de Nitrógeno ( $\text{NO}_2$ ), Dióxido de Azufre ( $\text{SO}_2$ ) y Material Particulado Sedimentable (MPS) en el aire ambiente de las dos entradas norte de la ciudad de Riobamba.
- Comparar estadísticamente las concentraciones de Dióxido de Nitrógeno ( $\text{NO}_2$ ), Dióxido de Azufre ( $\text{SO}_2$ ) y Material Particulado Sedimentable (MPS) entre las dos entradas de la ciudad de Riobamba y la norma de calidad del aire ambiente o nivel de inmisión (Acuerdo Ministerial 0.97).

## CAPÍTULO II

### 2. MARCO TEÓRICO

#### 2.1. Antecedentes de la investigación

Según la Organización Mundial de la Salud (OMS), el 99% de la población mundial respira aire que excede los límites de calidad recomendados por la organización, poniendo en riesgo la salud: el récord alcanzado en estos últimos años es de más de 6,000 ciudades en 117 países, aunque que se realicen constantes monitoreos de calidad del aire, quienes viven allí siguen inhalando altos niveles de partículas sedimentables, dióxido de nitrógeno y dióxido de azufre, y solo los países de ingresos bajos y medianos tienen tasas altas de contaminación del aire (OMS, 2022).

La contaminación del aire es uno de los principales problemas ambientales que enfrentan las zonas urbanas y rurales del Ecuador y del mundo, los notorios niveles de contaminación del aire en las principales ciudades del país como Ambato, Guayaquil, Esmeraldas, Cuenca, Quito; capital del Ecuador, donde se utilizan sistemas de monitoreo continuo, dieron un valor de 8.4  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  de MP que afectan directamente la salud humana (Moreira, 2018, pp.299-306).

De acuerdo con (Cocha, 2017, p.5; citado en Cedeño, 2021, p.4), en los últimos años en la ciudad de Riobamba la calidad del aire se ha visto influenciada por diversos factores, entre ellos de manera destacada la actividad antropogénica, y actividades naturales como la erupción del volcán Tungurahua, que liberó gran cantidad de contaminantes a la atmósfera, que genera un mayor impacto dependiendo de cómo se desarrolle la erupción de un volcán en localidades aledañas. (Cedeño, 2021, pp.58-59), en su estudio *“Evaluación de la Calidad del Aire de la Ciudad de Riobamba para el 2019, Utilizando Modelado Computarizado”* consideró en primer lugar fuentes portátiles, fijas y de área, creando un inventario de emisiones, tomando en cuenta el comportamiento de los factores ambientales como la temperatura, radiación entre otros, así también considerando si se libera grandes o pequeñas cantidades de contaminantes a la atmósfera, por lo tanto, se concluye que las emisiones de fuentes móviles tienen mayores índices de emisión, seguidas de las fuentes locales y finalmente las fuentes estacionarias.

Se han realizado varios estudios sobre el uso de muestreo pasivo para la evaluación de la contaminación del aire (Herrera et al., 2014, pp.20-29), *“Uso de muestreadores pasivos para la determinación de dióxido de nitrógeno en los años 2004-2013”* de Costa Rica en áreas metropolitanas, utilizando muestreadores pasivos con criterios de desempeño adecuados para la determinación de la calidad del aire que pueden detectar de manera económica estos

contaminantes, en los centros urbanos con una precisión no comparable a los analizadores automáticos, pero que permiten un diagnóstico inicial de las tendencias de la contaminación y la investigación.

A pesar de la diversidad de estudios sobre calidad del aire realizados de manera general en el cantón Riobamba, no existe un estudio elaborado en torno a los puntos ubicados en esta investigación para uso como indicadores de la calidad del aire; al ser la avenida República uno de los nuevos ingresos a la ciudad, siendo esta una razón principal que refuerza la necesidad de desarrollar este tipo de investigación.

## **2.2. Referencias Teóricas**

### **2.2.1. *Atmósfera***

La atmósfera es la capa de gas que rodea la Tierra, compuesta por una combinación de gases, a veces simplemente llamada aire, que comienza en la superficie de la Tierra y termina de manera irregular, su especial composición permite la existencia de diversos organismos, por lo que es imprescindible para la vida en la Tierra (Hernández, Rovalo & Tejado, 2021, pp.149-150).

#### *2.2.1.1. Componentes de la atmósfera*

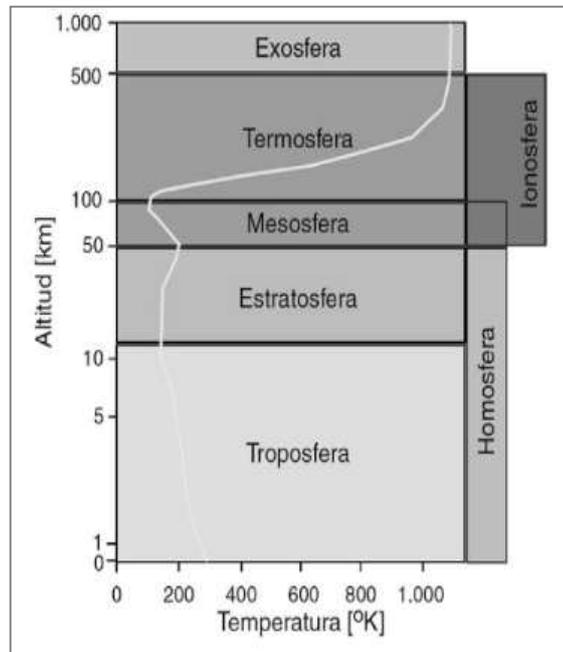
La atmósfera es una mezcla de gases, en estado seco aproximadamente contiene un 78% de nitrógeno, un 21% de oxígeno, un 0,9% de argón y porcentajes muy pequeños (0,002%) de neón, helio, metano, Kriptón, hidrógeno, contiene otros gases en un porcentaje mínimo como dióxido de carbono al 0,03% (Domínguez, 2004, p.18).

La composición de la atmósfera ha cambiado a lo largo de la historia del planeta, formando la actual mezcla de gases y aerosoles. Así, hay gases que varían a mayor velocidad, como el vapor de agua, que cambia en el tiempo y en el espacio, los óxidos de nitrógeno, el metano y el ozono también juegan un papel menor pero importante, asimismo, otro elemento variable de la atmósfera que frecuentemente actúa como gas son las partículas suspendidas en el aire como partículas de polvo, depósitos de humo, entre otros (Rangel et al., 2010, pp.36-37).

#### *2.2.1.2. Estructura de la atmósfera*

Conforme a (Echeverri, 2019, p.30), la atmósfera tiene una estructura vertical cuyas propiedades cambian con la altitud, por lo que se pueden distinguir diferentes regiones, indicadas por nombres

de capas, cuyo límite es la pausa superior, como se muestra en la Figura 1-2, los cambios de temperatura con la altitud ayudan a definir diferentes zonas de calor en función de las condiciones globales promediadas en el espacio y el tiempo.



**Figura 1-2:** Estructura de la atmósfera

Fuente: (Echeverri, 2019, p.30)

- *Tropósfera*

Es la primera capa más cercana a la Tierra, tiene una altitud media de 12 km, se caracteriza por un descenso de la temperatura con la altitud y contiene alrededor del 75% de la masa total de la atmósfera, la tropósfera tiene un gradiente de temperatura negativo, es inestable y presenta una alta turbulencia longitudinal, lo que favorece la mezcla de contaminantes, el espesor de la tropósfera varía con la latitud y la época del año. Su límite superior, el trópico, alcanza una altitud de unos 16 km en Colombia, 7 km en los polos y 17 km en el Ecuador, esta capa se calienta desde su base debido al contacto con la superficie de la tierra luego, las temperaturas suelen disminuir con la altitud, alcanzando valores de -75 a -80 °C (Echeverri, 2019, pp.30-31).

- *Estratósfera*

Esta es una región que se extiende sobre la tropopausa a una altitud de unos 50 km, en la parte inferior hasta los 20 km sobre el nivel del mar, la temperatura varía poco y es prácticamente isotérmica, luego, la temperatura sube lentamente al principio hasta una altitud de 32 km y luego sube rápidamente a valores cercanos a los observados en la superficie de la tierra por la absorción

de radiación ultravioleta que tiene lugar niveles altos en la capa de ozono, esta capa es heterogénea y los gases que la componen están estratificados según su densidad, de ahí la presencia de fuertes corrientes de aire horizontales y mezclas verticales, por ello el nombre de estratósfera (Echeverri, 2019, p.31).

- *Mesósfera*

Es la capa inmediatamente posterior a la estratósfera, cuyo punto más alto es la mesósfera a una altitud de unos 85 km, donde la atmósfera es más fría, se subdivide en una gran región isotérmica de unos 9 km de espesor, donde la temperatura es constante en un valor de 90° por debajo de cero. (Ledesma, 2011, pp.18-19).

- *Termósfera*

Esta es una región post-promedio después de la mesopausa cuyo límite superior es la termopausa situada a 600 km de altitud y tiene una temperatura media de 1507.6 °C (Ledesma, 2011, pp.18-19). En esta capa la composición de la atmósfera es diferente, esto se debe a que muchas moléculas de gas son separadas por la acción de los rayos X y ultravioleta que emite el Sol, libera los átomos que la componen, a más de la ionización que también es importante ya que los iones y los electrones pueden separarse durante períodos de tiempo relativamente largos (Echeverri, 2019, pp.32-33).

- *Exósfera*

Esta es la capa más elevada de la atmósfera y se extiende desde los 600 km a 1000 km. A una altitud de 600 km, la atmósfera es muy delgada, por lo que las colisiones entre partículas neutras son raras. En este caso, el hidrógeno se vuelve altamente ionizado y pierde partículas como protones y electrones, así es expulsado al espacio, esta pérdida se compensa con las contribuciones de partículas en forma de viento solar (Echeverri, 2019, p.33).

### 2.2.1.3. *Contaminación atmosférica*

Se conoce como la presencia en el aire de cualquier sustancia o forma de energía que exceda los límites de la naturaleza, que suponga un riesgo, daño o molestia grave para las personas o los bienes de cualquier tipo (Martínez, 2004, p.15).

De la misma manera (Ubilla & Yohannessen, 2017, pp.111-118), existen muchas definiciones diferentes de contaminación del aire, pero todas apuntan a la misma idea principal; es la presencia de sustancias nocivas en la atmósfera en concentraciones que pueden dañar la salud humana y varios

ecosistemas, por esta razón la exposición a la contaminación del aire es omnipresente, especialmente en las zonas urbanas, y puede afectar a toda la población durante todo su ciclo de vida.

Según su origen:

- *Naturales*

Son contaminantes producidos por procesos naturales como emisiones volcánicas o marinas, incendios forestales o actividad biológica (bacterias nitrificantes, digestión de herbívoros, entre otros) (Gallego et al., 2012, p.65).

- *Antropogénicos*

Son contaminantes producidos por las actividades humanas, principalmente a través de la extracción, distribución y uso de combustión fósil para la producción o transporte de energía, actividades industriales, gestión de residuos, etc. (Gallego et al., 2012, p.65).

Según la forma de emisión a la atmósfera:

- *Primarios*

Son sustancias que se liberan directamente a la atmósfera, son químicamente diversas tienen su origen en una variedad de fuentes (Gallego et al., 2012, p.65). Los detalles de esta categoría de contaminantes se muestran en la Tabla 1-2.

**Tabla 1-2:** Principales contaminantes primarios

Contaminante	Fórmula	Fuente
<b>Dióxido de azufre</b>	SO <sub>2</sub>	Combustión de carbón, erupciones volcánicas
<b>Ácido sulfhídrico</b>	H <sub>2</sub> S	Volcanes, acción biológica en pantanos y humedales, procesos químicos, tratamiento de aguas negras
<b>Óxidos de nitrógeno</b>	NO <sub>x</sub>	Acción bacteriana, procesos de combustión
<b>Monóxido de carbono</b>	CO	Incendios, medios de transporte
<b>Dióxido de carbono</b>	CO <sub>2</sub>	Descomposición biológica, procesos de combustión
<b>Cloruro de hidrogeno</b>	HCl	Erupciones volcánicas
<b>Hidrocarburos</b>	HC	Procesos biológicos, combustión, procesos químicos
<b>Amoniaco</b>	NH <sub>3</sub>	Descomposición de materia orgánica

Fuente: (Manahan, 2007, p.402)

- **Secundarios**

Este tipo de contaminantes son el resultado de cambios químicos en los contaminantes primarios luego de que éstos son liberados por reacciones con otros gases, agua atmosférica o radiación solar (Gallego et al., 2012, p.65). Este tipo de contaminantes se encuentran descritos en la Tabla 2-2.

**Tabla 2-2:** Principales contaminantes secundarios

Contaminante	Fórmula	Fuente
<b>Trióxido de azufre</b>	SO <sub>3</sub>	Combustión de carburantes fósiles
<b>Ácido sulfúrico</b>	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	Oxidación de SO <sub>2</sub>
<b>Dióxido de nitrógeno</b>	NO <sub>2</sub>	Oxidación de NO
<b>Ozono</b>	O <sub>3</sub>	Derivado del oxígeno atmosférico, O <sub>3</sub>
<b>Ácido nítrico</b>	HNO <sub>3</sub>	Reacción de dióxido de nitrógeno con agua
<b>Peróxido de hidrogeno</b>	H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	Productos de uso diario
<b>Smog</b>	----	Vehículos, fabricas, combustión de carbón
<b>Material particulado</b>	-----	Reacciones químicas atmosféricas de contaminantes primarios gaseosos

Fuente: (Manahan, 2007, p.402)

Realizado por: Gaibor, I.; Salinas, L. 2022

### 2.2.2. Óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>)

Se encuentran varios compuestos conocidos en el grupo del óxido de nitrógeno, pero normalmente solo el óxido nítrico (NO) y el dióxido de nitrógeno (NO<sub>2</sub>) son contaminantes. El resto se equilibran con estas dos sustancias, pero en una concentración demasiado baja para relacionarse (Echeverri, 2019, p.105).

#### 2.2.2.1. Dióxido de nitrógeno (NO<sub>2</sub>)

El NO<sub>2</sub> es un gas amarillo producido directa e indirectamente por la combustión a alta temperatura en automóviles, centrales térmicas, fundiciones, etc. El nitrógeno en el combustible y el aire se oxida durante la combustión para formar principalmente óxido nítrico (NO) y, en menor medida, NO<sub>2</sub> (Sbarato & Sbarato, 2009, p.19).

En presencia de la radiación solar, el NO se convierte en NO<sub>2</sub> mediante reacciones fotoquímicas, cuando se combina con compuestos orgánicos volátiles (COVs), en ozono (O<sub>3</sub>); el NO<sub>2</sub> de igual forma se combina con el agua para formar ácido nítrico y nitratos, que provocan lluvia ácida y aumentan los niveles de PM<sub>10</sub> y PM<sub>2,5</sub> (Sbarato & Sbarato, 2009, p.19).

- *Efectos del NO<sub>2</sub> en la salud*

Acontecen una variedad de efectos asociados con la exposición humana al NO<sub>2</sub>, que incluyen lesiones agudas, inflamación bronquial e hipersecreción, desequilibrio de la respuesta inmunitaria, así mismo la exposición prenatal a NO<sub>2</sub> está asociada con el desarrollo de infecciones respiratorias y asma en la infancia (Gutiérrez et al., 2018, pp.507-512).

- *Efectos del NO<sub>2</sub> sobre el ambiente*

Cuando la dióxido de nitrógeno por medio del ambiente reacciona con otras sustancias químicas producidas por la luz solar, origina ácido nítrico, que se cree que es el principal componente de la lluvia ácida, el dióxido de nitrógeno (NO<sub>2</sub>), por otro lado, reacciona en presencia de la luz solar para formar ozono y smog en el aire que respiramos (Larrea & Montenegro, 2022, p.14).

### 2.2.3. Óxidos de azufre (SO<sub>x</sub>)

El azufre es un elemento no metálico con una amplia gama de derivados, principalmente de la actividad humana a través de muchas actividades industriales, urbanas y de transporte. Los óxidos de azufre (SO<sub>x</sub>) se producen principalmente por la quema de carbón y algunos derivados del petróleo, y sus niveles varían dependiendo del contenido de azufre del combustible utilizado (Quispe, 2020, pp.22-23).

#### 2.2.3.1. Dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>)

El SO<sub>2</sub> es un gas incoloro producido principalmente durante la combustión de carbón e hidrocarburos, y su concentración está relacionada con el nivel de impurezas en el combustible, así como en procesos industriales principalmente la producción de papel y ácido sulfúrico (Sbarato & Sbarato, 2009, p.15).

Además, se considera que el SO<sub>2</sub> es dos veces más denso que el aire ambiente y sus emisiones dependen directamente del contenido de azufre del combustible, lo que lo hace incontrolable en los procesos relacionados con la combustión (García, 2018, p.53; citado en Fonseca, 2021, p.15).

- *Efectos del SO<sub>2</sub> en la salud*

Como gas irritante y tóxico, su afección va directamente a las vías respiratorias y llega a los pulmones, causando problemas de tos cuando se inhala. La interacción continua con gases en altas concentraciones y en el menor intervalo de tiempo, existe el riesgo de contraer irritación del tracto respiratorio, lo que eventualmente puede derivar en asma, bronquitis y congestión bronquial, provocando falta de aire en el sistema, considerando que sin circulación de aire, puede causar la muerte (García, 2018, p.54; citado en Fonseca, 2021, p.15).

- *Efectos del SO<sub>2</sub> sobre el ambiente*

Cuando el SO<sub>2</sub> reacciona con oxidantes fotoquímicos en la atmósfera, inicialmente forman trióxido de azufre, que luego se combina con agua, ácido sulfúrico y partículas sulfatadas, aumentando la producción de lluvia ácida y los niveles de partículas con diámetro aerodinámico menor o igual a 10 micrómetros (PM<sub>10</sub>) y a 2,5 micrómetros (PM<sub>2,5</sub>) (Sbarato & Sbarato, 2009, p.15).

#### **2.2.4. Material particulado**

El material particulado está compuesto por partículas sólidas o líquidas suspendidas en el aire. Estas partículas tienen diferentes composiciones químicas y su diámetro aerodinámico oscila entre 0,005 y 100 µm. El material particulado es producido por motores a diésel y la combustión incompleta de combustibles sólidos como la madera y el carbón. También se puede obtener condensando vapores ácidos y compuestos orgánicos semivolátiles (SOCs, por sus siglas en inglés) y haciendo reaccionar NO<sub>2</sub> y SO<sub>2</sub> para formar nitratos y sulfatos, respectivamente (Sbarato & Sbarato, 2009, p.22).

##### **2.2.4.1. Tipos de material particulado**

El material particulado está conformado por partículas de varios tamaños en forma sólida o líquida, excluyendo el agua, que no se combina con otras sustancias. De las partículas incluidas en el material particulado, las de mayor tamaño son las partículas sedimentables, luego las PM<sub>10</sub> y finalmente las PM<sub>2,5</sub> (Villacrés, 2015, p.15).

- *Material particulado sedimentable (PMS)*

Constituido por partículas sólidas de contaminantes con un diámetro equivalente mayor o igual a 10 micras ( $D \geq 10 \mu$ ); cuyo tamaño y peso están dentro de la influencia de la fuerza de atracción gravitatoria terrestre, por lo que sedimentan y se depositan en forma de polvo en las diferentes superficies, desde donde vuelven a ser inyectados al aire por los llamados flujos turbulentos de las zonas urbanas; las partículas más finas de este grupo son las más peligrosas porque tienen una mayor capacidad de penetración en los sistemas respiratorios biológicos vivos (Marcos et al., 2008, pp.49-58).

- *Material particulado  $PM_{10}$*

El  $PM_{10}$ , o conocido como partículas respirables que pueden ingresar al tracto respiratorio, con un diámetro aerodinámico menor a 10 micras y mayor a 2.5 micras, es un contaminante complejo con diferentes estructuras, líquidos o sólidos en el aire producido por fuentes fijas y estacionarias (Canales et al., 2014, p.13-22; citado en Tates, 2022, p.26).

- *Material particulado  $PM_{2.5}$*

Las partículas finas, o  $PM_{2.5}$ , son partículas con un diámetro aerodinámico menor a 2.5 micras, cuando el tamaño de partícula es de alrededor de 0.4 a 0.7 micras, tienen la capacidad de ingresar a los alvéolos pulmonares y reducir la visibilidad, son generados por fuentes móviles, vehículos de combustión diésel y fuentes fijas, por ejemplo, centrales eléctricas, sectores industriales y residenciales (Tates, 2022, pp.26-27).

- *Efectos del material particulado en la salud*

Existen muchos estudios epidemiológicos sobre material particulado, que muestran un aumento de la mortalidad y la morbilidad, desde este punto de vista, las partículas con un diámetro inferior a 10  $\mu m$  son las más preocupantes porque se inhalan fácilmente y entran en los pulmones. Las partículas entre 2,5 y 10  $\mu m$  se depositan en la tráquea, los bronquios y los bronquiolos, mientras que las partículas menores de 2,5  $\mu m$  son capaces de alcanzar el interior de los alvéolos pulmonares. En general, todas estas partículas se acumulan en el sistema respiratorio con diversos efectos negativos para la salud, que se manifiestan en la agudización de enfermedades respiratorias, como la bronquitis, y el empeoramiento de los efectos de otras enfermedades cardiovasculares (Díaz & Páez, 2006, pp.308-322).

- *Efectos del material particulado el ambiente*

Dependiendo de su composición y procesos de transformación, las partículas sedimentadas pueden ser dañinas para el medio ambiente; la contaminación del aire, la degradación del paisaje y la degradación de bienes materiales son los más destacados entre los impactos más importantes (Guevara & Logroño, 2020, p.9).

Por otro lado, la deposición de partículas sedimentables de origen industrial en tierras agrícolas puede causar cambios dañinos en los cultivos y, por lo tanto, afectar la salud humana y animal. Además, cuando el material particulado es alto, puede causar un desgaste acelerado en muchas estructuras o materiales de uso humano, así como afectar la visibilidad de la belleza paisajística (Díaz & Páez, 2006, pp.308-322).

### **2.2.5. Muestreo atmosférico**

Es un conjunto de actividades que permite medir parámetros meteorológicos y valores de calidad del aire en una zona determinada. Por otro lado, el monitoreo atmosférico permite estudiar las concentraciones de sustancias contaminantes y sus tendencias y evaluar estas condiciones en relación con los valores límite para la protección de la salud pública establecidos en las normas ambientales. La información del monitoreo también ayuda a diseñar medidas para reducir el riesgo de impactos de la contaminación en la salud, y es esencial para la implementación de estrategias de vigilancia epidemiológica tanto en períodos con niveles de contaminación bajos como en aquéllos durante los cuales podría presentarse una contingencia ambiental (Salcido et al., 2019).

#### **2.2.5.1. Metodologías de muestreo atmosférico**

- ***Biomonitores***

Es una técnica basada en el principio de que las sustancias tóxicas son nocivas para los organismos vivos, lo que permite determinar la concentración de contaminantes tanto en el organismo como en el medio en el que se desenvuelven. Este estudio representa un campo independiente en la búsqueda de contaminantes en el campo biológico representado por la mejora de la calidad del aire que respiramos; además, es económico y mide de forma fiable la contaminación atmosférica (Noriega et al., 2008, pp.17-24).

- ***Muestreadores activos***

Con el método de muestreo activo, el equipo bombea una cantidad conocida de aire a través de un colector, un medio físico como un filtro o una solución química, para su posterior análisis en

el laboratorio. A diferencia de los equipos de muestreo pasivo, los medidores de la calidad del aire activos requieren de energía eléctrica para funcionar. El volumen adicional de aire muestreado incrementa la sensibilidad, lo cual permite obtener mediciones diarias promedio. A pesar de que los medidores de activos son más costosos y complejos en comparación con los medidores pasivos, proporcionan una base de datos de gran exactitud (De la Vega, 2018, p.40).

- *Muestreadores pasivos*

Los sistemas de muestreo pasivo se basan en la absorción de contaminantes sobre un sustrato específico que retiene el analito. Después de la exposición, las muestras se llevan al laboratorio para la adsorción de la sustancia y el análisis cuantitativo. Los muestreadores se basan en la difusión de contaminantes del aire en un medio absorbente. La fuerza impulsora es el gradiente entre el aire circundante y la superficie de absorción de la concentración del contaminante es cero (Cocha, 2017, p.47).

Los contaminantes del aire se determinan mediante análisis utilizando métodos estándar como espectrofotometría, cromatografía de gases o cromatografía iónica. La fuerza impulsora es el gradiente entre el aire ambiente y la superficie absorbente donde la concentración de contaminantes es cero. Este movimiento se puede representar mediante la ley de Fick, donde el diámetro, la longitud del tubo y el coeficiente de difusión son constantes para el sistema de muestreo y representan la cantidad relativa de muestreo (Cocha, 2017, p.47).

### 2.2.6. *Ley de Fick*

El principio de funcionamiento de los muestreadores pasivos se basa en la difusión, donde los contaminantes gaseosos en la atmósfera pasan a través del muestreador y son capturados por la sustancia captadora. La concentración resultante depende del tiempo de muestreo y de la eficiencia de captación del gas en el muestreador, según la primera Ley de Fick representada por la Ecuación 1 (Canciano et al., 2017).

**Ec. 1-2** 
$$F = D * \frac{A}{L_d} (C_0 - C)$$

Donde:

F: masa del analito recolectada por el muestreador en el tiempo

D: coeficiente difusivo del analito

A: área de la sección transversal de la barrera difusiva

L<sub>d</sub>: longitud de la superficie de difusión

C: concentración del analito cerca de la superficie de difusión

C<sub>0</sub>: concentración del analito en proximidades a la entrada de la barrera difusiva.

Es así que a partir de la Ecu. 1, es posible calcular la concentración del contaminante, si se conoce principalmente su coeficiente de difusión y el tiempo de exposición. Esto en base a que, la velocidad de adsorción se relaciona con el área interna de la sección transversal del muestreador, la longitud de la superficie y el tiempo de exposición (Cuesta et al., 2018).

## 2.3. Base legal

### 2.3.1. Acuerdo Ministerial 097A. REFORMA LIBRO VI DEL TEXTO UNIFICADO DE LEGISLACIÓN SECUNDARIA DEL MINISTERIO DEL AMBIENTE

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

**Tabla 3-2:** Norma de Calidad del Aire Ambiente o Nivel de Inmisión.

<b>De los contaminantes del aire ambiente</b>	
Para efectos de esta norma se establecen como contaminantes criterio del aire ambiente a los siguientes:	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Partículas Sedimentables</li> <li>• Material Particulado de diámetro aerodinámico menor a 10 micrones. Se abrevia PM<sub>10</sub>.</li> <li>• Material Particulado de diámetro aerodinámico menor a 2,5 micrones. Se abrevia PM<sub>2,5</sub>.</li> <li>• Dióxido de Nitrógeno NO<sub>2</sub>.</li> <li>• Dióxido de Azufre SO<sub>2</sub>.</li> <li>• Monóxido de Carbono CO</li> <li>• Ozono O<sub>3</sub> (Acuerdo Ministerial 097-A, 2015).</li> </ul>
<b>Normas generales para concentraciones de contaminantes criterio en el aire ambiente</b>	
Para los contaminantes, criterio del aire, se establecen las siguientes concentraciones máximas permitidas:	<p><b>Partículas sedimentables.</b> - La máxima concentración de una muestra, colectada durante 30 días de forma continua, será de un miligramo por centímetro cuadrado (1 mg/cm<sup>2</sup> x 30 d) (Acuerdo Ministerial 097-A, 2015).</p> <p><b>Material particulado menor a 10 micrones (PM<sub>10</sub>).</b> - El promedio aritmético de la concentración de PM<sub>10</sub> de todas las muestras en un año no deberá exceder de cincuenta microgramos por metro cúbico (50 µg/m<sup>3</sup>). El promedio aritmético de monitoreo continuo durante 24 horas, no deberá exceder de cien microgramos por metro cúbico (100 µg/m<sup>3</sup>),</p>

	<p>Se considera sobrepasada la norma de calidad del aire para material particulado PM<sub>10</sub> cuando el percentil 98 de las concentraciones de 24 horas registradas durante un periodo anual en cualquier estación monitorea sea mayor o igual a (100 µg/m<sup>3</sup>) (Acuerdo Ministerial 097-A, 2015).</p>
	<p><b>Material particulado menor a 2,5 micrones (PM<sub>2,5</sub>).</b> - El promedio aritmético de la concentración de PM<sub>2,5</sub> de todas las muestras en un año no deberá exceder de quince microgramos por metro cúbico (15 µg/m<sup>3</sup>). El promedio aritmético de monitoreo continuo durante 24 horas, no deberá exceder de cincuenta microgramos por metro cúbico (50 µg/m<sup>3</sup>). Se considera sobrepasada la norma de calidad del aire para material particulado PM<sub>2,5</sub> cuando el percentil 98 de las concentraciones de 24 horas registradas durante un período anual en cualquier estación monitorea sea mayor o igual a (50 µg/m<sup>3</sup>) (Acuerdo Ministerial 097-A, 2015).</p>
	<p><b>Dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>).</b> - La concentración SO<sub>2</sub> en 24 horas no deberá exceder ciento veinticinco microgramos por metro cúbico (125 µg/m<sup>3</sup>), la concentración de este contaminante para un periodo de diez minutos, no debe ser mayor a quinientos microgramos por metro cúbico (500 µg/m<sup>3</sup>). El promedio aritmético de la concentración de las muestras en un año no deberá exceder de sesenta microgramos por metro cúbico (60 µg/m<sup>3</sup>) (Acuerdo Ministerial 097-A, 2015).</p>
	<p><b>Monóxido de carbono (CO).</b> - La concentración de monóxido de carbono de las muestras determinadas de forma continua, en un período de 8 (ocho) horas, no deberá exceder diez mil microgramos por metro cúbico (10 000 µg/m<sup>3</sup>) no más de una vez al año. La concentración máxima en (1) una hora de monóxido de carbono no deberá exceder treinta mil microgramos por metro cúbico (30 000 µg/m<sup>3</sup>) no más de una vez al año (Acuerdo Ministerial 097-A, 2015).</p>
	<p><b>Ozono.</b> - La máxima concentración de ozono, obtenida mediante muestra continua en un período de (8) ocho horas, no deberá exceder de cien microgramos por metro cúbico (100 µg/m<sup>3</sup>), más de una vez en un año (Acuerdo Ministerial 097-A, 2015).</p>
	<p><b>Dióxido de nitrógeno (NO<sub>2</sub>).</b> - El promedio aritmético de la concentración de Dióxido de nitrógeno, determinado en todas las muestras en un año, no deberá exceder de cuarenta microgramos por metro cúbico (40 µg/m<sup>3</sup>). La concentración máxima en una hora no</p>

	deberá exceder doscientos microgramos por metro cúbico (200 µg/m <sup>3</sup> ) (Acuerdo Ministerial 097-A, 2015)
<b>Nota:</b> Los valores de concentración de contaminantes criterio del aire, establecidos en esta norma, así como los que sean determinados en los programas públicos de medición, están sujetos a las condiciones de referencia de 25 °C y 760 mm Hg (Acuerdo Ministerial 097-A, 2015).	
<b>De los planes de alerta, alarma y emergencia de la calidad del aire</b>	
La Autoridad Ambiental de Aplicación Responsable acreditada ante el Sistema Único de Manejo Ambiental establecerá un Plan de Alerta, de Alarma y de Emergencia ante Situaciones Críticas de Contaminación del Aire, basado en el establecimiento de tres niveles de concentración de contaminantes. La ocurrencia de estos niveles determinará la existencia de los estados de Alerta, Alarma y Emergencia (Acuerdo Ministerial 097-A, 2015). Se definen los niveles de alerta, de alarma y emergencia en lo referente a la calidad del aire. Cada uno de los tres niveles será declarado por la Autoridad Ambiental de Aplicación Responsable acreditada ante el Sistema Único de Manejo Ambiental cuando uno o más de los contaminantes criterio indicados exceda la concentración establecida en la Tabla 3-2 o cuando se considere que las condiciones atmosféricas que se esperan sean desfavorables en las próximas 24 horas (Acuerdo Ministerial 097-A, 2015).	

Fuente: (Acuerdo Ministerial 097-A, 2015).

Realizado por: Gaibor, I.; Salinas, L. 2022

**Tabla 4-2:** Concentraciones de contaminantes criterio que definen los niveles de alerta, de alarma y de emergencia en la calidad del aire

CONTAMINANTE Y PERIODO DE TIEMPO	ALERTA	ALARMA	EMERGENCIA
<b>Monóxido de carbono</b> <b>Concentración promedio en ocho horas(µg/m<sup>3</sup>)</b>	15000	30000	40000
<b>Ozono</b> <b>Concentración promedio en ocho horas(µg/m<sup>3</sup>)</b>	200	400	600
<b>Dióxido de nitrógeno</b> <b>Concentración promedio en una hora horas(µg/m<sup>3</sup>)</b>	1000	2000	3000
<b>Dióxido de azufre</b> <b>Concentración promedio en veinticuatro horas(µg/m<sup>3</sup>)</b>	200	1000	1800
<b>Material particulado PM<sub>10</sub></b> <b>Concentración promedio en veinticuatro horas(µg/m<sup>3</sup>)</b>	250	400	500
<b>Material particulado PM<sub>2,5</sub></b> <b>Concentración promedio en veinticuatro horas(µg/m<sup>3</sup>)</b>	150	250	350

Fuente: (Acuerdo Ministerial 097-A, 2015).

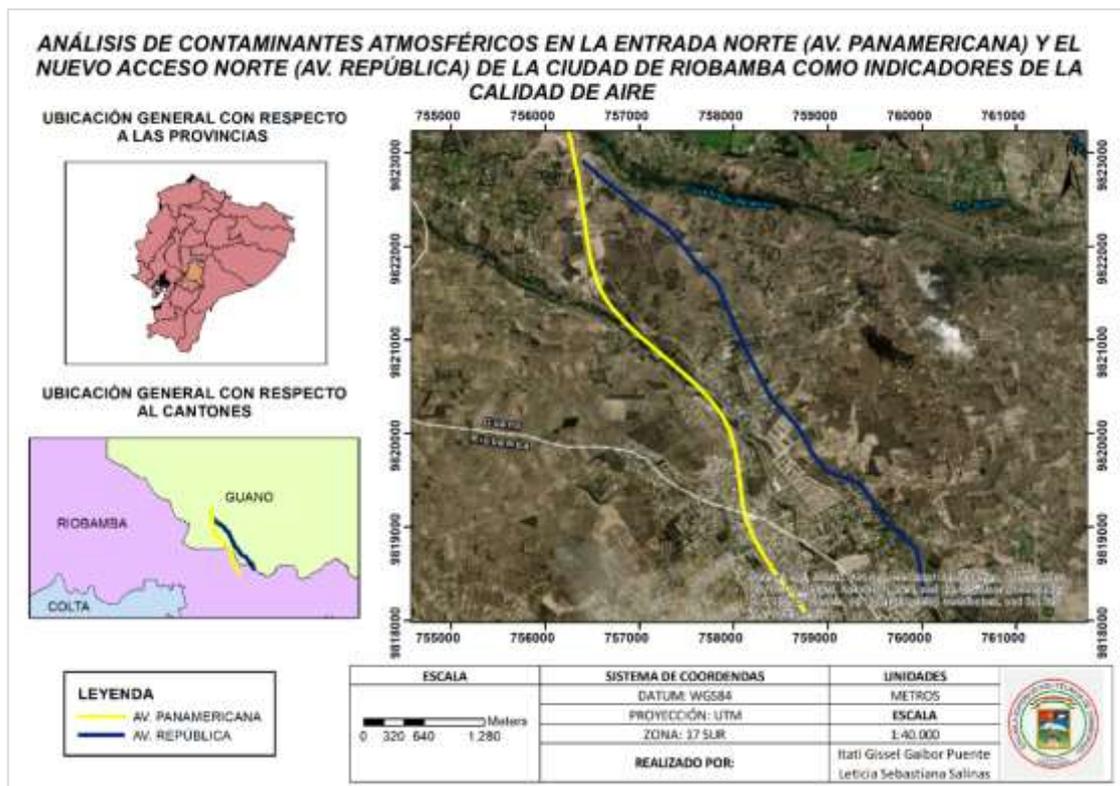
Realizado por: Gaibor, I.; Salinas, L. 2022

## CAPÍTULO III

### 3. MARCO METODOLÓGICO

#### 3.1. Área de Estudio

Riobamba se ubica en la provincia de Chimborazo, región interandina; lindera al norte con el cantón Guano, al este con la parroquia Cubijíes, al oeste con la parroquia Calpi y al sur con las parroquias Chacha y San Luis (EPEMAPAR, 2018, p. 22); el sector norte de la ciudad Riobamba, cuenta con dos avenidas que comparten territorio con el cantón Guano, siendo éstas las dos entradas principales en el norte de la ciudad por donde circulan vehículos locales e interprovinciales, la población esta acentuada a lo largo de las vías caracterizándose con una variedad de negocios, escuelas, construcciones, viviendas y áreas verdes; la avenida Panamericana cuenta con varios años de antigüedad y la segunda entrada es el nuevo acceso Norte o Avenida República.



**Figura 2-3:** Mapa de ubicación de la Av. Panamericana y Av. República

Realizado por: Gaibor, I.; Salinas, L. 2022

### **3.2. Tamaño de Muestra**

Mediante el muestreo aleatorio estratificado se cubrió las dos avenidas con un total de 40 puntos de muestreo; la avenida Panamericana con 7 kilómetros aproximadamente iniciado desde el norte en el sector By Pass hasta la intersección con la segunda entrada norte la avenida República, misma que tiene una extensión de 7 kilómetros iniciando desde la interacción mencionada hasta el redondel del sector del nuevo acceso.

### **3.3. Puntos de muestreo**

#### **3.3.1. Entrada norte 1: Av. Panamericana**

Se colocaron 13 puntos de muestreo cada 500 metros y 7 puntos al azar a lo largo de la vía desde la entrada en el sector By Pass hasta la intersección con la segunda entrada Av. República.

#### **3.3.2. Entrada norte 2: Av. República**

Se colocaron 14 puntos de muestreo cada 500 metros y 6 puntos al azar a lo largo de la vía iniciando desde la intersección con la avenida Panamericana hasta el redondel de la entrada de la Av. República.

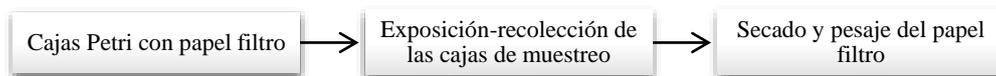
### **3.4. Proceso de muestreo**

Se realizó el muestreo colocando un portamuestreador en cada punto, con espacio suficiente para colocar un muestreador pasivo de NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub> y material particulado sedimentable. Para NO<sub>2</sub> y SO<sub>2</sub> se realizó cuatro monitoreos con un período de 7 días cada uno, iniciando el jueves 7 de julio y finalizando el jueves 4 de agosto, y para MPS se realizó un monitoreo con un periodo de 30 días iniciando desde el jueves 7 de julio hasta el día viernes 5 de agosto de 2022.

### **3.5. Preparación de muestreadores pasivos**

La preparación de los muestreadores pasivos se realizó en el Laboratorio de Investigación de la Facultad de Ciencias de la ESPOCH.

### 3.5.1. Muestreadores pasivos para Material Particulado Sedimentable (MPS)



**Figura 3-3.** Proceso de muestreadores pasivos MPS

**Fuente:** (Guido et al., 2017, p. 26)

**Realizado por:** Gaibor, I.; Salinas, L. 2022

#### 3.5.1.1. Materiales y equipos

**Tabla 5-3:** Materiales y equipos para muestreo pasivo MPS

Materiales	Equipos
Papel filtro	Balanza analítica
Tijera	Estufa
40 cajas Petri plásticas	

**Realizado por:** Gaibor, I.; Salinas, L. 2022

#### 3.5.1.2. Proceso

Se empleó el método pasivo de (Almirón et al., 2008, p. 4), adaptado a este proyecto, el cual se basa en colocar cajas Petri con papel filtro previamente pesado y determinado su área.

Se recortó 40 círculos de papel filtro con un diámetro de 8.2 cm para determinar el área, se pesó cada uno de los círculos empleando una balanza analítica Explorer e inmediatamente se colocó en las cajas Petri previamente enumeradas del 1 al 40.

#### 3.5.1.3. Exposición

Cada una de las cajas Petri con el papel filtro, fueron colocadas en los portamuestradores que se ubicaron en los cuarenta puntos de muestreo, el monitoreo se realizó durante un mes, iniciando desde el jueves 7 de julio hasta el día viernes 5 de agosto, como lo indica el ANEXO 4 DEL LIBRO VI DEL TEXTO UNIFICADO DE LEGISLACIÓN SECUNDARIA DEL MINISTERIO DEL AMBIENTE, que para obtener una muestra representativa de material particulado sedimentable, el muestro debe llevarse a cabo durante 30 días de manera continua (Acuerdo Ministerial 097-A, 2015).

#### 3.5.1.4. Análisis

Una vez finalizado el período de los 30 días de muestro se procedió a retirar la caja Petri de los portamuestreadores, se colocaron en un cooler cerrado para el traslado al laboratorio, se retiraron los papeles filtro de las cajas Petri con el uso de una pinza esterilizada y posteriormente se colocaron en la estufa modelo Esco Isotherm a 50° C durante 24 horas, necesario para eliminar la humedad presente en los papeles filtros (Santillán et al., 2016, p. 2).

Después, del secado de los papeles filtro se realizó el pesaje de cada uno para posteriormente calcular el material particulado sedimentable mediante la diferencia de pesos inicial y final dividiendo para el área del papel filtro en el que se acumuló la muestra, obteniendo resultados en mg/cm<sup>2</sup>/mes (Santillán et al., 2016, p. 2). La fórmula empleada fue la siguiente:

**Tabla 6-3:** Fórmula para polvo atmosférico sedimentable

---

$$\text{Ec. 2-3} \qquad \text{PAS} = \frac{\text{Pfinal} - \text{Pinicial}}{\text{Área}} * 1 \text{ mes}$$

---

Donde:

PAS: Polvo Atmosférico Sedimentable

P. inicial (P. inicial) del filtro, este es después de salir de laboratorio.

P. final (P. final) del filtro, este es después de estar expuesto el filtro durante el período de muestreo.

Área: del filtro. (cm<sup>2</sup>)  $A = \pi * r^2$

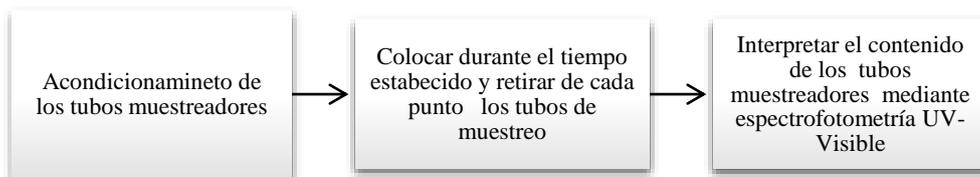
---

**Fuente:** (Díaz et al., 2019, p. 27)

**Realizado por:** Gaibor, I.; Salinas, L. 2022

#### 3.5.2. Muestreadores pasivos NO<sub>2</sub> y SO<sub>2</sub>

**Figura 4-3:** Proceso para el muestreo pasivo de NO<sub>2</sub> y SO<sub>2</sub>



**Fuente:** (Bermeo y Vega, 2018)

**Realizado por:** Gaibor, I.; Salinas, L. 2022

### 3.5.2.1. Muestreadores para Dióxido de Nitrógeno (NO<sub>2</sub>)

Para la elaboración de los muestreadores pasivos de NO<sub>2</sub>, se realizó una solución captadora que posteriormente se colocó en 40 tubos muestreadores previamente etiquetados y protegidos con cinta para evitar la radiación.

- *Materiales, equipos y reactivos*

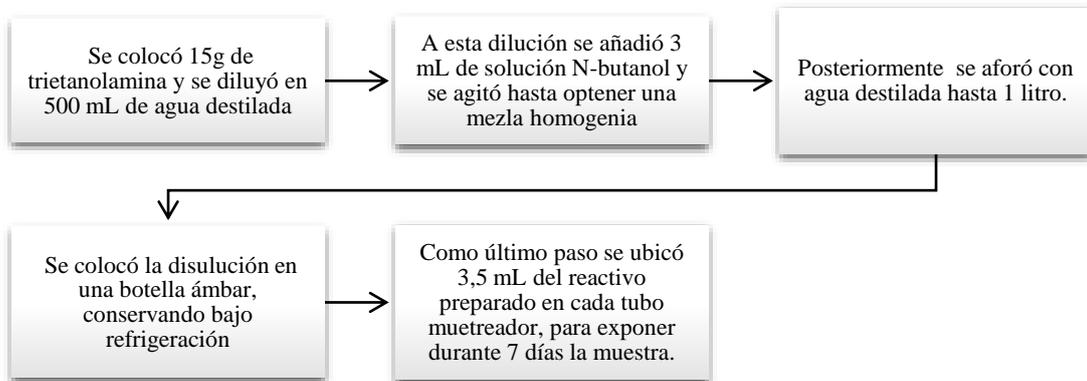
**Tabla 7-3:** Materiales, equipos y reactivos para muestreo pasivo NO<sub>2</sub>

Materiales	Equipos	Reactivos
Pipeta de 10 mL	Balanza Analítica	Trietanolamina. (TEA)
Vaso de precipitación 500 mL	Campana de gases	N-butanol.
Frasco ámbar de 1L		
Cooler		
Hielo		
Guantes, mandil y mascarilla		
Agua destilada.		
Valón de aforo 100mL		
Tubos de ensayo de vidrio		

**Realizado por:** Gaibor, I.; Salinas, L. 2022

- **Proceso**

**Figura 5-3:** Preparación del tubo muestreador para NO<sub>2</sub>



**Fuente:** (Bermeo y Vega, 2018)

**Realizado por:** Gaibor, I.; Salinas, L. 2022

### 3.5.2.2. Muestreadores para Dióxido de Azufre (SO<sub>2</sub>)

Para la elaboración de los muestreadores pasivos de SO<sub>2</sub>, se realizó una solución captadora que posteriormente se colocó en 40 tubos muestreadores previamente etiquetados y protegidos con cinta para evitar la radiación.

- *Materiales, equipos y reactivos*

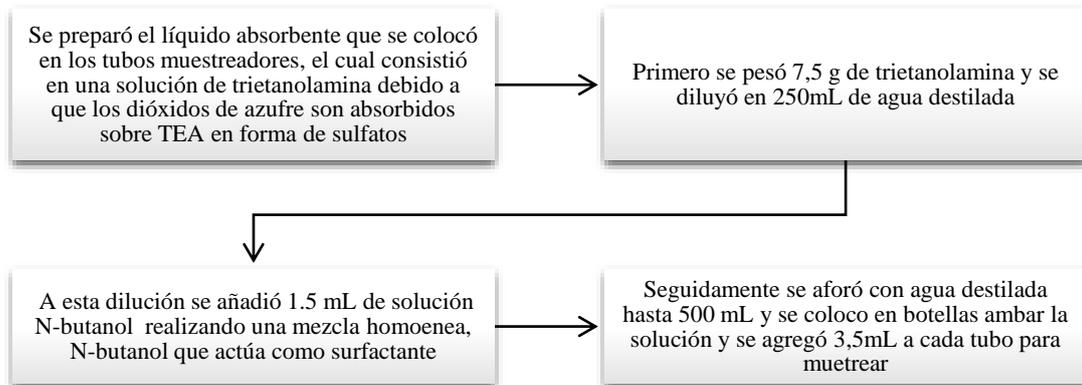
**Tabla 8-3:** Materiales, equipos y reactivos para muestreo pasivo SO<sub>2</sub>

Materiales	Equipos	Reactivos
Pipeta de 10 mL	Balanza Analítica	Trietanolamina. (TEA)
Vaso de precipitación 500 mL	Campana de gases	N-butanol.
Frasco ámbar de 1L		
Cooler		
Hielo		
Guantes, mandil y mascarilla		
Agua destilada.		
Valón de aforo de 500 mL		
Tubos de ensayo de vidrio		

**Realizado por:** Gaibor, I.; Salinas, L. 2022

- *Proceso*

**Figura 6-3.** Preparación del tubo muestreador para SO<sub>2</sub>



**Fuente:** (Bermeo y Vega, 2018)

**Realizado por:** Gaibor, I.; Salinas, L. 2022

### 3.5.3. Exposición y recolección de los tubos muestreadores de NO<sub>2</sub> y SO<sub>2</sub>

**Tabla 9-3:** Proceso de exposición y recolección de los tubos muestreadores de NO<sub>2</sub> y SO<sub>2</sub>

Paso	Instrucción
1	La altura del portamuestreador debe estar entre 1,5 m. y 4 m. sobre el nivel del piso, para estimar exposiciones potenciales del ser humano y por factores como el vandalismo se instaló entre 2m. y 3m.
2	Los tubos de muestreo fueron tapados y transportados en refrigeración en un cooler, al llegar al sitio designado para colocar el tubo pasivo, se retiró la tapa de cada muestreador para que cada uno actúe con el contaminante circundante.
3	Al retirar el tubo se volvió a tapar nuevamente y mantener en refrigeración hasta el regreso al laboratorio donde fueron analizados

**Fuente:** (Bermeo y Vega, 2018)

**Realizado por:** Gaibor, I.; Salinas, L. 2022

Se colocaron 2 tubos muestreadores etiquetados para NO<sub>2</sub> y SO<sub>2</sub> respectivamente en cada uno de los 40 portamuestreadores.

**Tabla 10-3:** Numeración usada para etiqueta de los tubos muestreadores

Av. Panamericana			Av. República		
Punto	Dióxido de Nitrógeno (NO <sub>2</sub> )	Dióxido de Azufre (SO <sub>2</sub> )	Punto	Dióxido de Nitrógeno (NO <sub>2</sub> )	Dióxido de Azufre (SO <sub>2</sub> )
P1	PN1	PS1	R1	RN1	RS1
P2	PN2	PS2	R2	RN2	RS2
P3	PN3	PS3	R3	RN3	RS3
P4	PN4	PS4	R4	RN4	RS4
P5	PN5	PS5	R5	RN5	RS5
....	....	....	....	....	....
P40	PN40	PS40	R40	RN40	RS40

**Realizado por:** Gaibor, I.; Salinas, L. 2022

Una vez colocado los tubos en los portamuectreadores se dejó durante 7 días, final de este tiempo se retiró los tubos y se colocó nuevos tubos muestreadores para los 7 días siguientes, hasta completar los 4 monitoreos.

**Tabla 11-3:** Fecha de los monitoreos realizados

Numero de monitoreo	Fecha de colocación de tubos muestreadores	Fecha de recolección de tubos muestreadores
Monitoreo 1	7 de julio	14 de julio
Monitoreo 2	14 de julio	21 de julio
Monitoreo 3	21 de julio	28 de julio
Monitoreo 4	28 de julio	4 de agosto

**Realizado por:** Gaibor, I.; Salinas, L. 2022

### 3.5.4. Análisis de muestreadores pasivos

#### 3.5.4.1. Análisis de muestreadores de Dióxido de Nitrógeno (NO<sub>2</sub>)

El análisis NO<sub>2</sub> de los tubos muestreadores se efectuó en el Laboratorio de Investigación de la facultad de Ciencias mediante pruebas colorimétricas y la determinación de absorbancias en el espectrofotómetro UV-visible.

- *Materiales, equipos y reactivos para análisis de NO<sub>2</sub>*

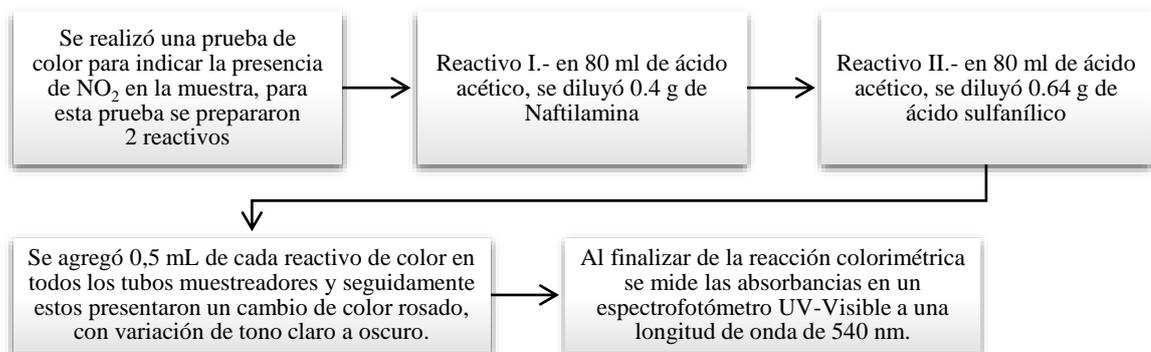
**Tabla 12-3:** Materiales, equipos y reactivos

Materiales	Equipos	Reactivos
2 pipetas de 1 mL	Balanza analítica	Naftilamina
2 probetas de 100 mL	Bombona de gas	Ácido acético
Tubos muestreadores (recogidos después del periodo de monitoreo)	Espectrofotómetro UV-Visible	Ácido sulfanílico
Guantes, mandil, mascarilla		
Agua destilada		

**Realizado por:** Gaibor, I.; Salinas, L. 2022

- Pruebas Colorimétrica

**Figura 7-3.** Proceso prueba colorimétrica NO<sub>2</sub>



**Fuente:** (Bermeo y Vega, 2018)

**Realizado por:** Gaibor, I.; Salinas, L. 2022

- *Método para obtener la concentración de NO<sub>2</sub> (ug/m<sup>3</sup>)*

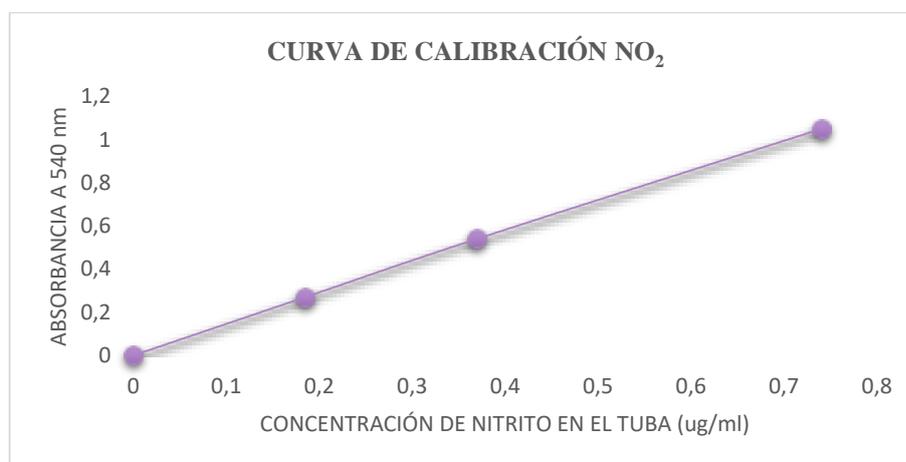
Se empleó una curva de calibración para relacionar las absorbancias obtenidas durante el análisis mediante pruebas colorimétricas y la concentración de nitrito en el tubo muestreador. Para la curva de calibración los datos se muestran en la Tabla 12-3.

**Tabla 13-3:** Relación entre absorbancia – concentración de nitritos en el tubo

DISOLUCIÓN ESTÁNDAR	CONCENTRACIÓN DE CALIBRACIÓN ESTÁNDAR (ug/mL)	CONCENTRACIÓN DE NITRITO EN EL TUBA (ug/mL)	ABSORBANCIA A 540 nm
A	60	0.741	1.05
B	30	0.37	0.54
C	15	0.185	0.27
BLANCO	0	0	0

Fuente:(Jairon et al., 2018, p. 55)

Realizado por: Gaibor, I.; Salinas, L. 2022



**Gráfico 1-3.** Curva de calibración NO<sub>2</sub>

Fuente: (Bermeo y Vega, 2018)

Realizado por: Gaibor, I.; Salinas, L. 2022

- *Cálculo de concentración*

**Tabla 14-3:** Pasos para el cálculo de la concentración de NO<sub>2</sub>

Pasos	Instrucción
<b>Paso 1</b>	El cálculo de la concentración de nitrito en tubo se realizó mediante una regla de tres que relaciona la curva de calibración con la absorbancia de la muestra: <i>Ec. 3-3</i> $C_2 = \left( \frac{\text{ug}}{\text{mL}} \right) = \frac{C_1 \times \text{Abs } 2}{\text{Abs } 1}$ Donde: Abs1 = Absorbancia en la curva de calibración C1 = Concentración correspondiente a la absorbancia 1 en la curva de calibración Abs2 = Absorbancia de la muestra C2 = Concentración de nitrito en el tubo
<b>Paso 2</b>	Se calculó la masa de los nitritos contenida en cada uno de los tubos muestreadores con la siguiente fórmula <i>Ec. 4-3</i> $m (\text{ug}) = C_2 \times V$ m (ug)= masa de nitritos en el tubo. C <sub>2</sub> (ug/mL) = concentración obtenida mediante la regla de tres. V (mL)= volumen de los reactivos de color añadido.
<b>Paso 3</b>	Finalmente se realizó el cálculo de la concentración de NO <sub>2</sub> en el ambiente: <i>Ec. 5-3</i> $C = \frac{m \times L}{D_{12} \times A \times t}$ C (ug/m <sup>3</sup> ) = concentración de NO <sub>2</sub> en el ambiente m (ug) = masa de nitritos L (m) = longitud del tubo D <sub>12</sub> (m <sup>2</sup> /s) = coeficiente de difusión entre NO <sub>2</sub> -Aire A (m <sup>2</sup> ) = área transversal del tubo t (s) = periodo de muestreo

**Fuente:** (Bermeo y Vega, 2018)

**Realizado por:** Gaibor, I.; Salinas L. 2022

### 3.5.4.2. Análisis de muestreadores de Dióxido de Azufre (SO<sub>2</sub>)

El análisis SO<sub>2</sub> de los tubos muestreadores se efectuó en el Laboratorio de Investigación de la facultad de Ciencias mediante la determinación de absorbancias en el espectrofotómetro UV-visible.

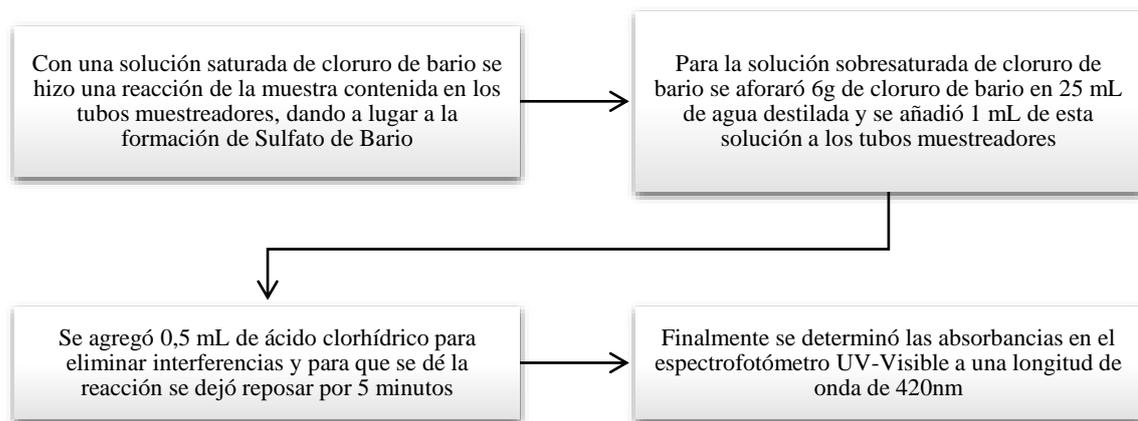
- *Materiales, equipos y reactivos para análisis de SO<sub>2</sub>*

**Tabla 15-3:** Materiales, equipos y reactivos

Materiales	Equipos	Reactivos
Balanza analito	Espectrofotómetro UV-Visible	Cloruro de Bario
2 pipetas de 10 mL	Bombona de gas	Ácido Clorhídrico
Balón de aforo de 25 mL		
Tubos muestreadores (recogidos después del periodo de monitoreo)		
Guantes, mandil, mascarilla		
Agua destilada		

**Realizado por:** Gaibor, I.; Salinas, L. 2022

- Preparación de solución para el análisis de los muestreadores



**Figura 8-3.** Análisis de los muestreadores SO<sub>2</sub>

**Fuente:** (Bermeo y Vega, 2018)

**Realizado por:** Gaibor, I.; Salinas, L. 2022

- *Método para obtener la concentración de SO<sub>2</sub> (ug/m<sup>3</sup>)*

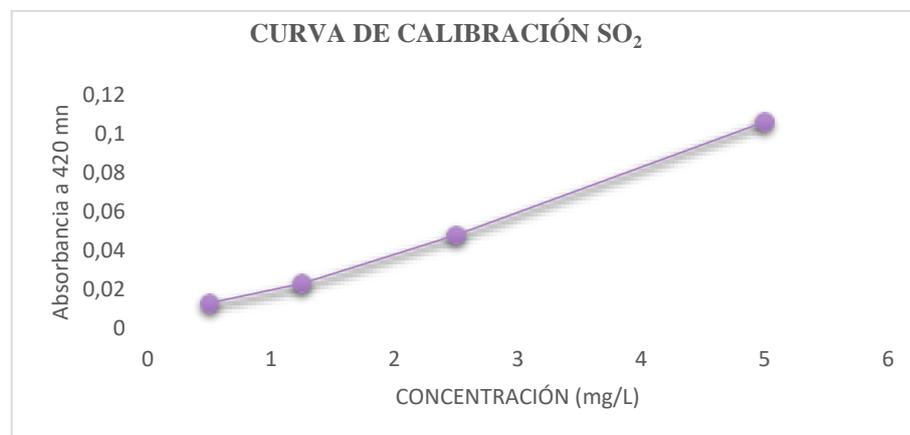
Se empleó una curva de calibración para relacionar las absorbancias obtenidas durante el análisis con una curva de calibración. Para la curva de calibración los datos se muestran en la Tabla 15-3:

**Tabla 16-3:** Relación entre absorbancia y concentración de sulfatos en el tubo

CONCENTRACIÓN TEÓRICA DE SULFATOS (mg/L)	Promedios de las Absorbancias
0.5	0.013
1.25	0.023
2.5	0.048
5	0.106

**Fuente:** (Bermeo y Vega, 2018)

**Realizado por:** Gaibor, I.; Salinas, L. 2022



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

**Fuente:** (Jairon et al., 2018, p. 60)

**Realizado por:** Gaibor, I.; Salinas, L. 2022

- *Cálculo de concentración SO<sub>2</sub>*

**Tabla 17-3:** Pasos para el cálculo de la concentración de SO<sub>2</sub>

Pasos	Instrucción
Paso 1	<p>Para el cálculo de la concentración se utilizó los valores de la curva de calibración para calcular la presencia de sulfatos en los tubos muestreadores:</p> <p><b>Ec. 6-3</b> <math display="block">C_2 \left( \frac{ug}{mL} \right) = \frac{C1 \times Abs\ 2}{Abs\ 1}</math></p> <p>Donde:</p> <p>Abs1 = Absorbancia en la curva de calibración</p> <p>C1 = Concentración correspondiente a la absorbancia 1 en la curva de calibración</p> <p>Abs2 = Absorbancia de la muestra</p> <p>C<sub>2</sub> = Concentración de sulfatos en el tubo</p>
Paso 2	<p>Se evaluó la masa de sulfatos con la siguiente fórmula:</p> <p><b>Ec. 7-3</b> <math display="block">m\ SO_x = C_2 \times V</math></p> <p>Donde:</p> <p>m (ug)= masa de sulfatos en el tubo</p> <p>C<sub>2</sub> (mg/L) = Concentración de SO<sub>x</sub> en el tubo</p> <p>V (l)= volumen de los reactivos de color</p>
Paso 3	<p>Finalmente se realizó el cálculo de la concentración de SO<sub>2</sub> en el ambiente:</p> <p><b>Ec. 8-3</b> <math display="block">CSO_2 \left( \frac{ug}{m^3} \right) = \frac{mSO_x}{Q_k \times t} * t * 106</math></p> <p>Donde:</p> <p>CSO<sub>2</sub> (ug/m<sup>3</sup>) = Concentración de SO<sub>2</sub> en el ambiente.</p> <p>mSO<sub>x</sub> (ug) = masa de sulfatos en el tubo</p> <p>Q<sub>k</sub> (119 min/mL) = Valor de la frecuencia de muestreo</p> <p>t (min) = tiempo de exposición</p>

**Fuente:** (Bermeo y Vega, 2018)

**Realizado por:** Gaibor, I.; Salinas, L. 2022

### 3.5.5. *Corrección de la concentración ambiental de acuerdo a las condiciones de la localidad para NO<sub>2</sub> y SO<sub>2</sub>*

Para medir la concentración ambiental conforme al medio en que se desarrolló los muestreos, es necesario aplicar la ecuación descrita en el Acuerdo Ministerial 097 A. REFORMA LIBRO VI DEL TEXTO UNIFICADO DE LEGISLACIÓN SECUNDARIA DEL MINISTERIO DEL AMBIENTE (Acuerdo Ministerial 097-A, 2015).

**Tabla 18-3:** Ecuación para corrección de la concentración ambiental

$$\text{Ec. 9-3} \quad Cc \left( \frac{\mu g}{m^3} \right) = Co * \frac{760 \text{ mmHg}}{Pbl \text{ mmHg}} * \frac{(273+t^\circ C)}{298 \text{ K}}$$

**Donde:**Cc: Concentración corregida en ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )Co: Concentración observada en ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )

Pbl: presión atmosférica local en milímetros de mercurio.

 $t^\circ\text{C}$ : Temperatura local en grados centígrados.**Fuente:** (Bermeo y Vega, 2018)**Realizado por:** Gaibor, I.; Salinas, L. 2022**Tabla 19-3:** Datos para corregir las concentraciones de  $\text{NO}_2$  y  $\text{SO}_2$  a condiciones locales

DATOS PARA AJUSTE A CONDICIONES REALES			
Monitoreo	Fecha	Temperatura promedio (K)	Presión promedio (mm Hg)
1	7 - 14 de julio	283	759.8914
2	14 – 21 de julio	283	757.3856
3	21 – 28 de julio	282	750.4651
4	28 de julio - 4 de agosto	284	760.5624

**Fuente:** (FAO, 2021, p. 1)**Realizado por:** Gaibor, I.; Salinas, L. 2022**3.5.6. Mapas de concentración de contaminantes**

Para una visualización de las concentraciones obtenidas de MPS y concentraciones promedio de  $\text{NO}_2$  y  $\text{SO}_2$  de los 20 puntos de muestreo de las dos avenidas se empleó el software ArcGIS, mismo que es un sistema de información geográfica que brinda una sencilla interfaz que permite cargar datos tabulares para crear mapas, es decir, es un software que permite conseguir mapas cartográficos con detalles necesarios para una investigación temática exponiendo información y emplearla como fuente de consulta para el análisis y planificación. Se creó una escala colorimétrica para determinar el cambio de concentración del contaminante en base a la escala colorimétrica de concentración que nos presenta el programa (Nieto, 2019, p. 29).

**3.5.7. Análisis estadístico comparativo**

La comparación estadística las concentraciones promedio de Dióxido de Nitrógeno ( $\text{NO}_2$ ), Dióxido de Azufre ( $\text{SO}_2$ ) y concentraciones de Material Particulado Sedimentable (MPS) de los 20 puntos de muestreo entre la avenida Panamericana y la avenida República se realizó por medio de una estadística descriptiva estándar empleando Microsoft Excel mediante cálculos que incluyen medidas de tendencia central, dispersión, posición y forma como lo son: media, error típico, mediana, desviación estándar, varianza de muestra, curtosis, coeficiente de asimetría,

rango, mínimo, máximo, suma y porcentaje de coeficiente de variación, para una visualización de valores presentados de forma comprensible para una interpretación simplificada del conjunto de datos en cuestión, con el propósito de mostrar la dispersión que existe entre los mismos y la media de cada variable, y la distribución de frecuencias correspondiente (Suárez, 2020, pp. 33-34).

### ***3.5.8. Análisis comparativo con la Norma de la Calidad de Aire***

Para realizar el análisis comparativo de las concentraciones promedio de Dióxido de Nitrógeno (NO<sub>2</sub>), Dióxido de Azufre (SO<sub>2</sub>) y las concentraciones de Material Particulado Sedimentable (MPS) de la avenida Panamericana y la avenida República con los límites máximos permisibles del ANEXO 4 DEL LIBRO VI DEL TEXTO UNIFICADO DE LEGISLACIÓN SECUNDARIA DEL MINISTERIO DEL AMBIENTE vigentes mediante el Acuerdo Ministerial 097, se transformó los datos de concentración acorde al periodo de tiempo en el que se rige la norma.

## CAPÍTULO IV

### 4. MARCO DE ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

Mediante el muestreo aleatorio estratificado se cubrió las dos avenidas con un total de 40 puntos de muestreo; a lo largo de la Av. República se colocaron 13 puntos cada 500 metros y 7 puntos al azar y en Av. República 14 puntos de muestreo cada 500 metros y 6 puntos al azar.

#### 4.1. Puntos de Muestreo

##### 4.1.1. *Coordenadas de los puntos de muestreo de la Av. Panamericana*

**Tabla 20-3:** Coordenadas de los puntos de muestreo en la Av. Panamericana

Punto de muestro	Coordenadas	
	X	Y
P-1	758827,63	9818045,79
P-2	758711,92	9818316,36
P-3	758489,28	9818448,59
P-4	758167,85	9818838,01
P-5	757955,21	9818997,93
P-6	758029,78	9819277,39
P-7	758145,71	9819553,56
P-8	758064,76	9819774,84
P-9	758122,42	9820130,35
P-10	757978,94	9820249,75
P-11	757838,79	9820496,54
P-12	757587,78	9820563,99
P-13	757265,17	9820725,14
P-14	757201,28	9820880,49
P-15	756823,17	9821221,81
P-16	756470,89	9821561,33
P-17	756437,69	9822043,88
P-18	756496,46	9822244,78
P-19	756407,39	9822543,08
P-20	756388,37	9822852,89

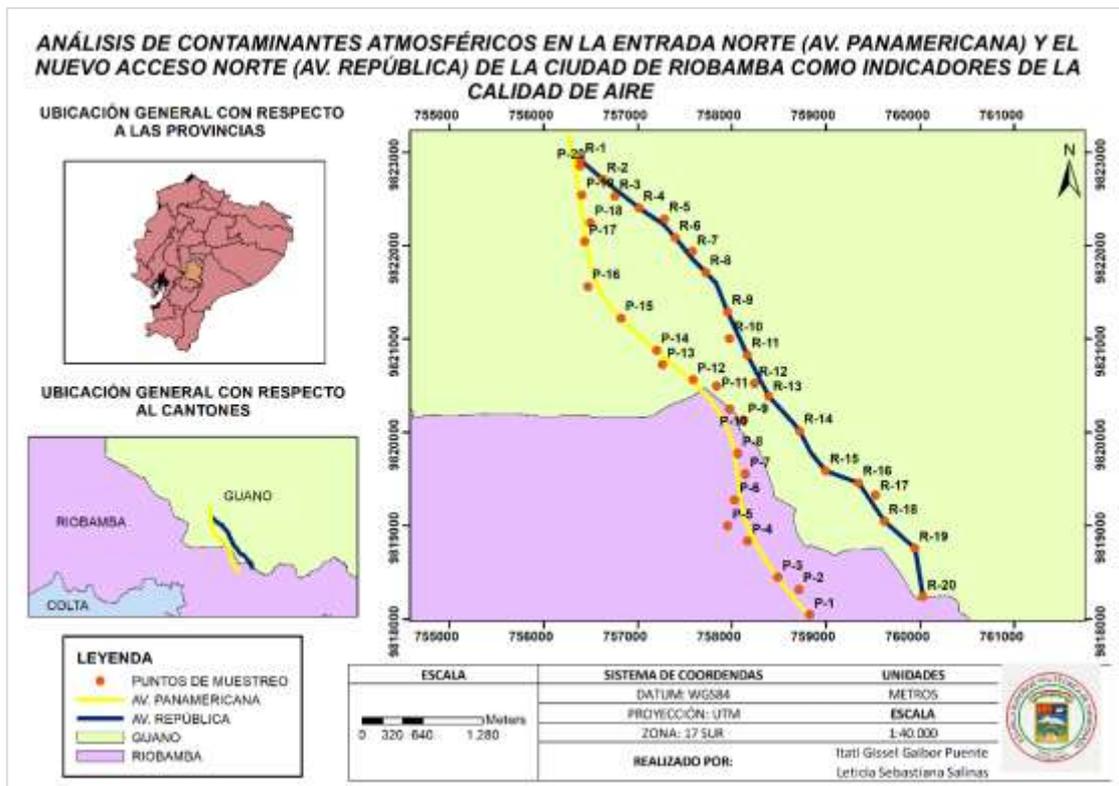
Realizado por: Gaibor, I.; Salinas, L. 2022

#### 4.1.2. Coordenadas de los puntos de muestreo de la Av. República

**Tabla 21-3:** Coordenadas de los puntos de muestreo en la Av. República

Punto de muestro	Coordenadas	
	X	Y
R-1	756395,86	9822916,54
R-2	756625,66	9822711,67
R-3	756760,08	9822527,57
R-4	757013,70	9822403,59
R-5	757285,28	9822286,80
R-6	757398,23	9822086,84
R-7	757582,67	9821937,99
R-8	757723,98	9821713,17
R-9	757956,14	9821290,19
R-10	757976,37	9821003,48
R-11	758165,41	9820829,93
R-12	758237,78	9820525,11
R-13	758390,15	9820387,15
R-14	758719,51	9820015,48
R-15	758996,86	9819588,84
R-16	759348,23	9819460,01
R-17	759527,89	9819329,19
R-18	759621,86	9819048,76
R-19	759947,02	9818757,05
R-20	760030,58	9818239,18

Realizado por: Gaibor, I.; Salinas, L. 2022



**Figura 9-3:** Puntos de muestreo de la Av. Panamericana y Av. República

Realizado por: Gaibor, I.; Salinas, L. 2022

En la figura 3-3 se representa las dos avenidas escogidas para el estudio la cual comprende la avenida República completa y un tramo de la Av. Panamericana iniciando en el sector By Pass y terminando en la interacción con la Av. República, con una longitud aproximadamente 7 km de ambas vías (El Espectador Chimborazo, 2021). Mediante el muestreo aleatorio estratificado se cubrió las dos avenidas con un total de 40 puntos de muestreo, con 20 puntos para cada vía distribuidos cada 500 metro y puntos al azar a lo largo de las vía, los puntos al azar fueron escogidos a criterio propio según la observación de lugares en los que podría existir mayor contaminación esto debido a que según (Acuerdo Ministerial 097-A, 2015), indica que las principales fuentes de los contaminantes a analizar son aquellas instalaciones, que tiene como finalidad desarrollar operaciones o procesos industriales, comerciales o de servicios que emite o puede emitir contaminantes al aire, así como también procesos de combustión en los vehículos y fábricas, por lo tanto en la tramo de la avenida panamericana se colocaron 13 puntos de muestreo cada 500 metros y 7 puntos al azar y en la avenida República se colocaron 14 puntos de muestreo cada 500 metros y 6 puntos al azar.

#### ***4.1.3. Concentración de MPS entrada norte 1: Avenida Panamericana***

Se determinó los valores de concentraciones de material particulado sedimentable, mediante 20 puntos de muestreo, en las fechas del 7 de julio al 4 de agosto del 2022, en la Av. Panamericana desde el 7 de julio hasta el 5 de agosto, a través de muestreadores pasivos, donde se observó la distribución de las concentraciones de material particulado sedimentable; el análisis se realizó en el Laboratorio de Ciencias de la ESPOCH.

**Tabla 22-4:** Concentración Material Particulado Sedimentable Av. Panamericana

PUNTO	PESO INICIAL mg	PESO FINAL mg	(mg/cm <sup>2</sup> /mes)
P1	421	475	1,0260
P2	442	495	1,0130
P3	432	484	0,9980
P4	435	489	1,0160
P5	441	493	0,9940
P6	427	481	1,0110
P7	433	487	1,0180
P8	442	496	1,0220
P9	436	490	1,0150
P10	443	495	0,9840
P11	452	504	0,9790
P12	433	487	0,9930
P13	443	497	1,0250
P14	433	487	1,0190
P15	437	490	0,9970
P16	438	490	0,9850
P17	436	489	1,0080
P18	421	472	1,0020
P19	428	480	0,9960
P20	441	495	1,0140

**Realizado por:** Gaibor, I.; Salinas, L. 2022

En la Tabla 21-4 los valores resultantes de las concentraciones se analizó el valor máximo, de 1,0260 mg/cm<sup>2</sup>/mes, en el punto 1 de muestreo, siendo el área donde más acumulación de MPS existió, esto se debe a la precisa del By Pass conforme a (Estrada, 2021, p. 45) La zona cuenta con una de las principales vías de acceso y salida de la ciudad de Riobamba, siendo una área de edificios y viviendas, que conjunto con la dirección del viento y estación puede aumentar el MPS según (Robles et al., 2019, p. 175), de acuerdo (Flores et al., 2010, p. 28) el MPS tiene peso por acción de la gravedad y se deposita sobre las superficies de edificios y objetos, tanto exteriores como interiores, espacios verdes, vías de circulación y las calles en las que se ubican así también (Carranza et al., 2021, p. 10) afirma que en condiciones secas promueven la reactivación por partículas en el aire, que también provocan tormentas de polvo, se da por la influenciada de la dirección del viento: una dirección fija del viento expondría el área a niveles relativamente altos de contaminación, también se puede atribuir a lugares con alto tráfico de vehículos debido a las partículas de polvo que transportan los neumáticos. El valor con menor concentración de PMS fue 0,9790 mg/cm<sup>2</sup>/mes, en el punto de muestreo 11; de acuerdo a la observación se puede deducir que se debe a que es una zona boscosa de escasas viviendas, y una mayor circulación vehicular conforme con (Villacrés, 2015, p. 94) los lugares en donde se tomaron los valores mínimos es un área grande con suelo pavimentado, poco polvo y cubierta de árboles.

#### 4.1.4. Concentración de MPS entrada norte 2: Avenida República

Se determinó los valores de las concentraciones de material particulado sedimentable, mediante 20 puntos de muestreo, en las fechas del 7 de julio al 4 de agosto del 2022, en la Av. República desde el 7 de julio hasta el 5 de agosto, a través de muestreadores pasivos, donde se analizó la distribución de las concentraciones de material particulado sedimentable; el análisis se realizó en el Laboratorio de Ciencias de la ESPOCH.

**Tabla 23-4:** Concentración Material Particulado Sedimentable Av. República

PUNTO	PESO INICIAL mg	PESO FINAL mg	(mg/cm <sup>2</sup> /mes)
R1	439	489	1,0180
R2	435	484	0,9310
R3	414	460	0,8690
R4	427	473	0,8630
R5	415	461	0,8420
R6	431	476	0,8490
R7	424	469	0,8540
R8	421	467	0,8720
R9	413	460	0,8880
R10	434	483	1,0240
R11	433	482	0,9240
R12	443	489	0,8750
R13	425	470	0,8610
R14	418	463	0,8450
R15	434	482	0,9030
R16	434	485	1,0150
R17	447	494	0,8830
R18	427	471	0,9280
R19	425	471	0,9650
R20	418	468	1,0130

Realizado por: Gaibor, I.; Salinas, L. 2022

En la Tabla 22-4 se puede analizar la distribución de las concentraciones de PMS, donde el valor máximo es 1,0180 mg/cm<sup>2</sup>/mes, en el punto de muestreo 1 por la intercepción entre las 2 avenidas, la presencia de semáforos en esta zona de conformidad a (Lozano, 2020, p. 23), las avenidas presentan elevado flujo vehicular, permiten mayor concentración de igual modo (Velosa y Altamar, 2021, p. 54), sede debe a la exposición momentánea a grandes cantidades de partículas respirables puede ocurrir no solo durante la estación seca sino también debido a la ubicación de los semáforos. El valor mínimo es de 0,8420 mg/cm<sup>2</sup>/mes en el punto de muestreo 5; se deduce que es por la ausencia de viviendas y de flujo vehicular; esto de acuerdo a la observación previamente realizada, conforme a (Villacrés, 2015, p. 94) los lugares en donde se tomaron los valores mínimos

que representan una área grande con cubierta de árboles, suelo pavimentado, produciendo menor generación de polvos sedimentados.

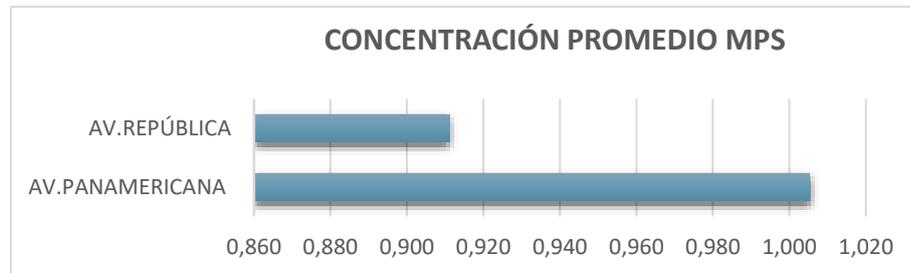
#### 4.1.5. Concentración MPS promedio Av. Panamericana y Av. República

**Tabla 24-4:** Concentraciones MPS promedio Av. Panamericana y Av. República

Ubicación	MPS (mg/cm <sup>2</sup> /mes)
AV. PANAMERICANA	1,005
AV. REPÚBLICA	0,911

Realizado por: Gaibor, I.; Salinas, L. 2022

**Gráfico 3-4.** Representación de concentraciones MPS promedio Av. Panamericana y Av. República



Realizado por: Gaibor, I.; Salinas, L. 2022

En la gráfica 5-4, los valores promedios que miden la tendencia central de las concentraciones analizadas determinaron que en la Av. República se encuentra el mínimo valor de 0.911, avenida de poca afluencia vehicular, área pavimentada y mayor presencia de áreas verdes ya que según (Tapia et al., 2018, p. 192) Los bosques y los espacios verdes urbanos filtran el aire, tratan los contaminantes (polvo), el valor máximo se ubica en la Av. Panamericana con un valor de 1,005, esto se debe a que existe mayor tráfico vehicular en este sitio, así misma la nula presencia de elevados edificios adyacentes y vías más amplias de acuerdo a (Bolufé y Carrillo, 2018, p. 10), existen factores que influyen en la concentración de las partículas y otros contaminantes, entre los cuales se pueden citar el tamaño y conformación del parque vehicular, las concentraciones de fondo y la configuración o geometría de las calles, en especial el ancho de las mismas y el número de edificios contiguos.

## 4.2. Dióxido de Nitrógeno (NO<sub>2</sub>)

Se estableció los datos de las concentraciones de dióxido de nitrógeno en la Av. Panamericana de la semana del 7 de julio al 3 de agosto, mediante 20 puntos de muestreo, a través de muestreadores pasivos; el análisis se realizó en el Laboratorio de Ciencias de la ESPOCH.

### 4.2.1. Concentración (NO<sub>2</sub>) entrada norte 1: Av. Panamericana

**Tabla 25-4:** Resultados de concentración de NO<sub>2</sub> Av. Panamericana

PUNTO	MONITOREO 1	MONITOREO 2	MONITOREO 3	MONITOREO 4
	ug/m <sup>3</sup>	ug/m <sup>3</sup>	ug/m <sup>3</sup>	ug/m <sup>3</sup>
P1	81,9780	81,1670	82,7144	81,1136
P2	80,8993	80,0848	79,5582	80,1402
P3	79,9285	79,1108	80,7553	79,0587
P4	77,7712	77,1627	77,1638	77,2201
P5	77,0162	78,2450	77,4903	77,1336
P6	79,8207	79,0025	79,4493	80,0321
P7	77,6634	77,0545	77,3815	77,1120
P8	75,7218	74,6736	75,3136	75,8358
P9	78,7420	77,9203	77,2726	78,9505
P10	76,7249	76,3186	76,1843	76,8957
P11	77,6094	77,8121	78,3610	77,9772
P12	75,5060	74,8035	75,2048	74,6245
P13	72,5505	72,6174	71,7221	72,1370
P14	73,2409	73,0503	74,1164	73,4565
P15	76,5631	76,7407	76,0755	75,4897
P16	74,8588	74,7819	74,6606	73,4348
P17	75,3874	74,5654	74,7803	74,3000
P18	75,1824	76,2970	76,2931	76,6794
P19	76,4229	76,4593	75,0851	76,4631
P20	77,5555	77,1086	76,7176	77,3283

Realizado por: Gaibor, I.; Salinas, L. 2022

En la tabla 24-4 los valores resultantes de las concentraciones de NO<sub>2</sub> el monitoreo 1 realizados en la semana del 7 al 14 de julio se determinó el valor máximo con 81,9780 µg/m<sup>3</sup>, el Monitoreo 2, en la semana del 14 al 21 de julio, el valor máximo 81, 1670 µg/m<sup>3</sup>, el monitoreo 3 en la semana del 21 al 28 de julio 82,7144 µg/m<sup>3</sup>, el monitoreo 4 del 28 de julio al 3 de agosto cuenta con un valor máximo de 81,1136 µg/m<sup>3</sup>, todos estos corresponden al punto 1 de monitoreo durante 4 semanas, se deduce que estos datos máximos se da a causa de la presencia del redondel del By Pass, área con mayor tráfico vehicular de acuerdo a (Estrada, 2021, p. 47) la concentración de este contaminante se debe al elevado tráfico vehicular, en particular el tráfico pesado, así también la presencia de varios semáforos en lugares que generan congestión vehicular y la presencia de

edificios altos dificultan la propagación del contaminante según (Puliafito et al., 1998, p. 3) dice que la presencia de NO<sub>2</sub> se debe a los vehículos que usan naftas siendo son las fuentes principales de este contaminante, el valor mínimo en el monitoreo 1 del 7 al 14 julio es de 72,5505 µg/m<sup>3</sup>, en el monitoreo 2 del 14 al 21 julio es de 72,6174 µg/m<sup>3</sup>, en el monitoreo 3 del 21 al 23 julio es de 71,7221 µg/m<sup>3</sup>, en el monitoreo 4 del 28 de julio al 3 de agosto es de 72,1370 µg/m<sup>3</sup>. todos estos datos correspondientes al monitoreo 13 que es un sitio con mayor amplificación de la avenida y escaso tráfico vehicular ya que expresa (Tapia et al., 2018, p. 192) las áreas de poco tráfico y las calles más anchas pueden contribuir aún más a la reducción de varios contaminantes ambientales.

#### 4.2.2. Concentración (NO<sub>2</sub>) entrada norte 2: Av. República

Se determinó los datos de las concentraciones de dióxido de nitrógeno en la Av. República de la semana del 7 de julio al 3 de agosto, mediante 20 puntos de muestreo, a través de muestreadores pasivos; el análisis se realizó en el Laboratorio de Ciencias de la ESPOCH.

**Tabla 26-4:** Resultados de concentración de NO<sub>2</sub> Av. República

PUNTO	MONITOREO 1	MONITOREO 2	MONITOREO 3	MONITOREO 4
	ug/m <sup>3</sup>	ug/m <sup>3</sup>	ug/m <sup>3</sup>	ug/m <sup>3</sup>
R1	77,4692	77,1627	76,0102	77,1120
R2	75,3982	75,1065	75,5313	76,0305
R3	69,0557	69,2625	69,7630	69,8658
R4	65,6903	66,5569	66,4980	65,9724
R5	62,6700	61,6869	62,5800	62,5115
R6	66,9415	66,4487	65,7253	66,5131
R7	64,2880	64,3925	64,2234	64,6854
R8	59,2291	60,0852	59,6414	59,3751
R9	59,7576	59,8471	58,7707	58,3044
R10	58,1936	58,3428	58,5531	58,2936
R11	60,2970	60,4965	59,7611	60,6621
R12	59,7684	58,6567	59,7829	59,2778
R13	58,1397	58,5485	58,6619	57,9800
R14	57,2767	58,2238	57,7912	57,4284
R15	58,3662	59,3060	59,7720	59,4833
R16	58,2475	58,3320	58,5095	57,7529
R17	60,4048	60,0744	59,8591	60,5648
R18	60,9442	60,6047	60,9474	61,6463
R19	64,6116	65,0635	65,0940	65,8859
R20	74,4813	74,0243	73,8988	74,3000

Realizado por: Gaibor, I.; Salinas, L. 2022

En la tabla 25-4 se evidencia que en el monitoreo 1, en la semana del 7 al 14 de julio se determinó el valor máximo 77,4692 µg/m<sup>3</sup>, el Monitoreo 2, en la semana del 14 al 21 de julio, el valor máximo 77,1627 µg/m<sup>3</sup>, el monitoreo 3 en la semana del 21 al 28 de julio 76,0102 µg/m<sup>3</sup>, el

monitoreo 4 del 28 de julio al 3 de agosto cuenta con un valor máximo de  $77,1120\mu\text{g}/\text{m}^3$ , todos estos corresponden al punto 1 de monitoreo durante 4 semanas, estos valores máximos se estiman que es por la intersección de las dos avenidas y la presencia de semáforos, are con mayor tráfico vehicular de acuerdo a (Delgado, 2016, p. 33) La tasa de flujo másico de  $\text{NO}_2$  depende del número creciente de vehículos en un área particular. Estas reacciones durante la combustión favorecen la formación de  $\text{NO}_2$  a altas temperaturas. El valor mínimo en el monitoreo 1 del 7 al 14 julio es de  $57,2767\mu\text{g}/\text{m}^3$ , en el monitoreo 2 del 14 al 21 julio es de  $58,2238\mu\text{g}/\text{m}^3$ , en el monitoreo 3 del 21 al 23 julio es de  $57,7912\mu\text{g}/\text{m}^3$ , en el monitoreo 4 del 28 de julio al 3 de agosto es de  $57,4284\mu\text{g}/\text{m}^3$  todos estos datos correspondientes al punto de muestreo14 que es un sitio con mayor amplificación de la avenida y escaso tráfico vehicular ya que según (Tapia et al., 2018, p. 192) las áreas menor circulación vehicular y calles más amplias contribuye a la disminución continua de diversos contaminantes ambientales.

#### **4.2.3. Concentración Promedio ( $\text{NO}_2$ )**

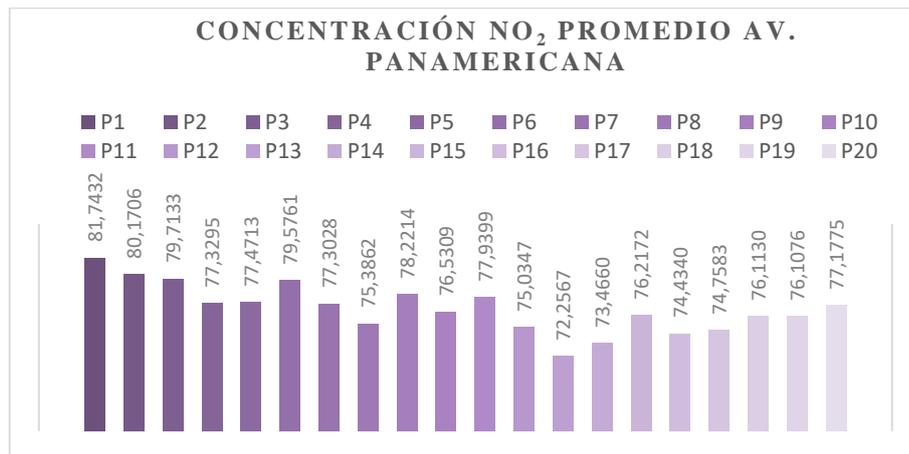
Se estableció los valores promedios de la Av. Panamericana de dióxido de nitrógeno, mediante 20 puntos de muestreo, en el mes 7 de julio hasta el 3 de agosto, donde analizar los datos promedios durante los 29 días de monitoreo constante.

4.2.3.1. Entrada 1: Av. Panamericana

**Tabla 27-4:** Concentración Promedio NO<sub>2</sub> Av. Panamericana

PUNTO	PROMEDIO
	ug/m <sup>3</sup>
P1	81,7432
P2	80,1706
P3	79,7133
P4	77,3295
P5	77,4713
P6	79,5761
P7	77,3028
P8	75,3862
P9	78,2214
P10	76,5309
P11	77,9399
P12	75,0347
P13	72,2567
P14	73,4660
P15	76,2172
P16	74,4340
P17	74,7583
P18	76,1130
P19	76,1076
P20	77,1775

Realizado por: Gaibor, I.; Salinas, L. 2022



**Gráfico 4-4.** Representación de concentraciones promedio de NO<sub>2</sub> Av. Panamericana

Realizado por: Gaibor, I.; Salinas, L. 2022

En el gráfico 14-4 mediante esta grafica se puede observar el promedio general durante las 4 semanas de monitoreo dando como el valor máximo de 81,743 manteniéndose en el punto 1 de

modo similar se debe a la presencia de By Pass de acuerdo a (Estrada, 2021, p. 50) esto se da por un número extenso de vehículos que están transitando en la zona; de mismo modo (Venegas y Mazzeo, 2012, p. 2) señaló que estos factores pueden ser representados por un sistema de cuatro componentes básicos: la fuente de emisión, la atmósfera, los receptores, el estado de difusión atmosférica realizando el proceso de transporte y mezcla de contaminantes en el aire, esta dispersión de estos contaminantes depende del viento, de la elevación de la pluma, de la turbulencia del aire, y la temperatura. El promedio mínimo es en el punto 13 con un valor de 72,2567, siendo una zona con mayor flujo vehicular, escasas viviendas, concordando con (Segura y Franco, 2016, p. 184) indica que una condición de calidad del aire adecuada se debe a presencia del mayor circulación vial y áreas más amplias.

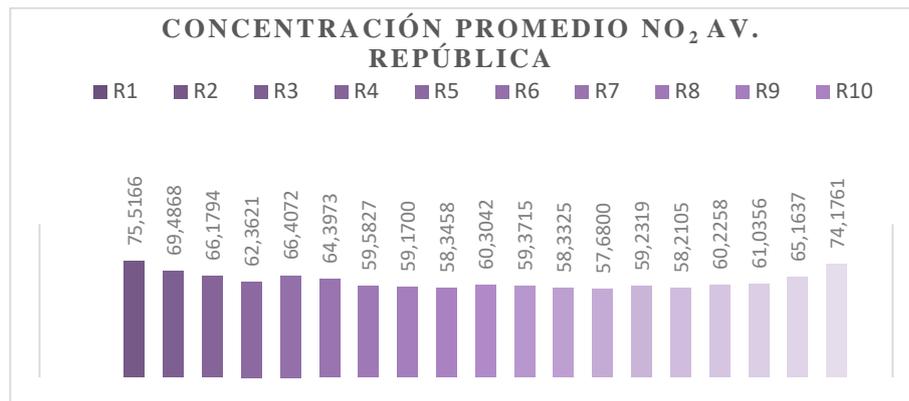
#### 4.2.3.2. Entrada 2: Av. República

Se estableció los valores promedios de la Av. República de dióxido de nitrógeno, mediante 20 puntos de muestreo, en el mes 7 de julio hasta el 3 de agosto, donde analizar los datos promedios durante los 29 días de monitoreo constante.

**Tabla 28-4:** Concentración Promedio NO<sub>2</sub> Av. República

PUNTO	PROMEDIO
	ug/m <sup>3</sup>
R1	76,9385
R2	75,5166
R3	69,4868
R4	66,1794
R5	62,3621
R6	66,4072
R7	64,3973
R8	59,5827
R9	59,1700
R10	58,3458
R11	60,3042
R12	59,3715
R13	58,3325
R14	57,6800
R15	59,2319
R16	58,2105
R17	60,2258
R18	61,0356
R19	65,1637
R20	74,1761

Realizado por: Gaibor, I.; Salinas, L. 2022



**Gráfico 5-4.** Representación de concentraciones promedio de NO<sub>2</sub> Av. República

Realizado por: Gaibor, I.; Salinas, L. 2022

En la gráfica 15-4 se analiza que el promedio con el mayor valor se sostiene al punto 1 como de 75,5166, corroborando que es este punto de muestreo se debe a la presencia de la unión entre las dos avenidas, donde aumenta el tráfico de automotores por la presencia de los semáforos y entrada a otros poblados aledaños a estas avenidas, lo mismo ocurre con (Fonseca, 2021, p. 72) que menciona que la contaminación atmosférica es por la acumulación de transporte livianos o/y pesados en áreas determinadas que generan dióxido de nitrógeno, así también en el punto 14 se expone el valor mínimo valor de 57,6800, según el análisis se observa que mantiene puntos lineales en toda la gráfica; puesto que son concentraciones estables con poco flujo vehicular.

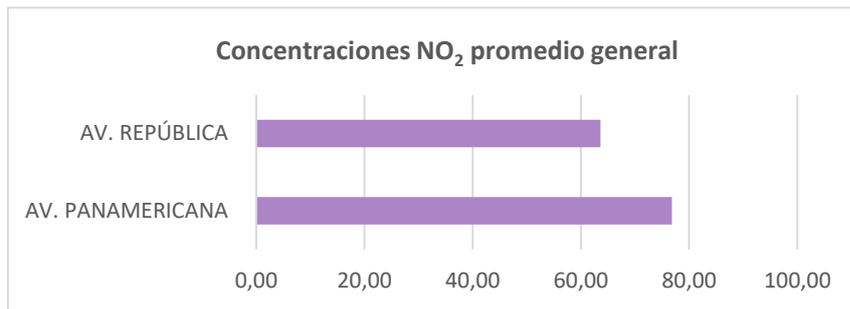
#### 4.2.4. Promedio General de concentraciones de NO<sub>2</sub> de la Av. Panamericana y Av. República

Se determinó a nivel general los valores promedios de Av. Panamericana y Av. República de las concentraciones obtenidas durante los cuatro monitoreos, desde el 7 de julio hasta el 7 de agosto con un periodo de 7 días cada uno.

**Tabla 29-4:** Concentraciones NO<sub>2</sub> promedio general Av. Panamericana y Av. República

Ubicación	NO <sub>2</sub> (ug/m <sup>3</sup> )
AV. PANAMERICANA	76.8475
AV. REPÚBLICA	63.6059

Realizado por: Gaibor, I.; Salinas, L. 2022



**Gráfico 6-4.** Representación de concentraciones NO<sub>2</sub> promedio general

Av. Panamericana y Av. República

Realizado por: Gaibor, I.; Salinas, L. 2022

En la gráfica 5-4 se representa las concentraciones promedio a nivel general de NO<sub>2</sub> en las dos avenidas, el promedio de NO<sub>2</sub> de la av. Panamericana es 76.-8475 ug/m<sup>3</sup> y de la av. República es 63.6059 ug/m<sup>3</sup> que al comparar estos valores se evidencia que la Av. Panamericana presenta mayor contaminación por NO<sub>2</sub> al tener mayor presencia de urbanización, estaciones de servicio, comercio, construcciones y ser una vía con mayor tránsito vehicular lo que contrasta con (Aránguez et al., 1999, p. 124) muestra que el nitrógeno en el aire y el carbono se combinan durante la combustión y oxidación para formar dióxido de nitrógeno, mientras que (Estrada, 2021, p. 47) indica que esta concentración de contaminantes se debe al aumento del tránsito vehicular, en especial el transporte de automotores pesados; el hacinamiento de vehículos y la presencia de edificios altos impiden la propagación de los contaminantes, mientras que la Av. República presenta menor concentración de NO<sub>2</sub> al no tener la escasa presencia de urbanización, tránsito vehicular, estaciones de servicio, construcciones, lo que se relaciona con (Tapia et al., 2018, p. 192) las áreas con menos tráfico y carreteras más extensas muestran que pueden hacer una mayor contribución a la reducción de varios contaminantes ambientales.

#### 4.3. Dióxido de Azufre (SO<sub>2</sub>)

Se determinó los valores de las concentraciones de dióxido de azufre en la Av. Panamericana de la semana del 7 de julio al 3 de agosto, mediante 20 puntos de muestreo, a través de muestreadores pasivos; el análisis se realizó en el Laboratorio de Ciencias de la ESPOCH.

#### 4.3.1. Concentración (SO<sub>2</sub>) entrada norte 1: Av. Panamericana

**Tabla 30-4:** Resultados de concentración de SO<sub>2</sub> Av. Panamericana

PUNTO	MONITOREO 1 ug/m <sup>3</sup>	MONITOREO 2 ug/m <sup>3</sup>	MONITOREO 3 ug/m <sup>3</sup>	MONITOREO 4 ug/m <sup>3</sup>
P1	64,0393	64,1474	64,1970	63,2753
P2	62,9013	62,1752	62,2137	61,2007
P3	60,0045	61,2410	60,3347	60,2671
P4	59,1769	59,1650	60,6479	60,1634
P5	56,3835	56,0511	57,5163	57,0515
P6	57,9354	57,0891	57,6207	56,0142
P7	58,9699	58,1271	58,3514	59,1261
P8	53,0729	54,1827	53,4453	53,1098
P9	53,7971	53,0617	53,3618	52,4874
P10	51,7280	50,8508	50,2094	50,5165
P11	52,9695	52,9683	51,2532	53,0060
P12	50,9004	50,3837	51,1488	51,0352
P13	48,6243	49,8232	49,1864	48,8568
P14	49,7624	50,9650	50,4181	49,8838
P15	51,2107	51,0688	50,8357	50,2053
P16	52,8660	53,9751	53,3409	52,9023
P17	48,6554	49,9478	49,1655	49,4792
P18	52,7626	52,9371	53,2365	52,9957
P19	61,1425	60,3068	60,9610	60,0597
P20	63,0461	63,2132	63,1323	63,1716

Realizado por: Gaibor, I.; Salinas, L. 2022

En la tabla 29-4 de los análisis realizados de las concentraciones de SO<sub>2</sub> proporcionan los siguientes valores: en monitoreo 1, de la semana del 7 al 14 de julio se determinó el valor máximo con 64,0393 µg/m<sup>3</sup>, en el monitoreo 2 de la semana del 14 al 21 de julio el valor máximo es 64,1474 µg/m<sup>3</sup>, el monitoreo 3 de la semana del 21 al 28 de julio cuenta con valor máximo 64,1970 µg/m<sup>3</sup>, el monitoreo 4 del 28 de julio al 3 de agosto presenta un valor máximo de 63,2753 µg/m<sup>3</sup>, todos estos corresponden al punto 1 de monitoreo durante 4 semanas, se estima que este valor es el máximo dado que se encuentra el By Pass, que es el área con mayor concentración de buses, otros vehículos, de manera similar (Estrada, 2021, p. 51) infiere que el By Pass es un punto clave de acceso vehicular a la ciudad de Riobamba, y estos sitios representan una gran actividad comercial para los habitantes de la zona, con altos índices de presencia de vehículos pesados de mismo modo que (Puliafito et al., 1998, p. 4) los vehículos usan diésel emiten cantidades importantes de SO<sub>2</sub>, en el monitoreo 1 del 7 al 14 julio presenta un valor mínimo r de 48,6243 µg/m<sup>3</sup>, en el monitoreo 2 del 14 al 21 julio expone un valor mínimo de 49,8232 µg/m<sup>3</sup>, en el monitoreo 3 del 21 al 23 julio muestra un valor mínimo de 49,1864µg/m<sup>3</sup>, en el monitoreo 4 del 28 de julio al 3 de agosto el valor mínimo es de 48,8568 µg/m<sup>3</sup> todos estos datos pertenecen al monitoreo 13 dado que es un área de escaso tráfico vehicular, e incluso nula presencia de fábricas, y zona boscosa comparando con (Orlandoni et al., 2021, p. 111) dice que la libre circulación vial y movilidad restringida disminuye la concentraciones de este contaminante así mismo espacios con mayor extensión de áreas verdes.

#### 4.3.2. Concentración (SO<sub>2</sub>) entrada norte 1: Av. República

Se determinó los valores de las concentraciones de dióxido de azufre en la Av. República de la semana del 7 de julio al 3 de agosto, mediante 20 puntos de muestreo, a través de muestreadores pasivos; el análisis se realizó en el Laboratorio de Ciencias de la ESPOCH

**Tabla 31-4:** Resultados de concentración de SO<sub>2</sub> Av. República

	MONITOREO 1	MONITOREO 2	MONITOREO 3	MONITOREO 4
PUNTO	ug/m <sup>3</sup>	ug/m <sup>3</sup>	ug/m <sup>3</sup>	ug/m <sup>3</sup>
R1	63,0151	63,0056	62,5268	62,9641
R2	56,6008	56,5701	56,7856	56,6366
R3	44,5792	43,5953	44,8857	44,5002
R4	40,7617	40,5851	39,8752	39,6249
R5	43,3481	42,5573	43,8418	43,5666
R6	44,4861	43,8029	44,9901	44,6039
R7	45,5207	44,6333	45,0945	45,5375
R8	38,0718	39,4434	38,6226	38,2764
R9	41,1341	41,2079	41,5454	40,9734
R10	43,2446	43,6991	43,1111	43,0480
R11	42,4170	41,5193	41,9629	42,5293
R12	39,3133	39,5472	39,7708	39,5211
R13	35,6923	34,9800	34,3428	34,7496
R14	32,2783	32,3851	32,5682	32,9861
R15	38,3822	38,4054	37,5787	37,9652
R16	40,3479	40,8965	40,7103	40,6622
R17	41,5893	42,6611	41,7541	41,4920
R18	39,1995	40,4813	39,6664	39,4174
R19	44,3826	44,3219	43,5287	44,8114
R20	46,7621	47,6434	47,0778	47,0934

Realizado por: Gaibor, I.; Salinas, L. 2022

En la tabla 30-4 se muestra que en el monitoreo 1, en la semana del 7 al 14 de julio se determinó el valor máximo 63,0151 µg/m<sup>3</sup>, el monitoreo 2, en la semana del 14 al 21 de julio, el valor máximo 63,0056 µg/m<sup>3</sup>, el monitoreo 3 en la semana del 21 al 28 de julio 62,5268 µg/m<sup>3</sup>, el monitoreo 4 del 28 de julio al 3 de agosto cuenta con un valor máximo de 62,9641 µg/m<sup>3</sup>, todos estos corresponden al punto 1 de monitoreo durante 4 semanas, estos valores máximos son debido a que es la unión de las 2 avenidas acorde a (Segura y Franco, 2016, p. 184) la aglomeración de vehículos entre avenidas aumenta a concentración de contaminantes que perjudican la calidad del aire. El valor mínimo en el monitoreo 1 del 7 al 14 julio es de 32,2783µg/m<sup>3</sup>, en el monitoreo 2 del 14 al 21 julio es de 32,3851µg/m<sup>3</sup>, en el monitoreo 3 del 21 al 23 julio es de 32,5682 µg/m<sup>3</sup>, en el monitoreo 4 del 28 de julio al 3 de agosto es de 32,9861 µg/m<sup>3</sup>. todos estos datos correspondientes al monitoreo 14 en vista que percibe que es una superficie apartada, escaso flujo vehicular y nulo fabrica concorde con (Zamudio, 2017, p. 118) que expresa que sitios con vastas extensiones, y mayor flujo vehicular reduce la concentración, aumentando la dispersión de contaminantes atmosféricos.

### 4.3.3. Concentración Promedio (SO<sub>2</sub>)

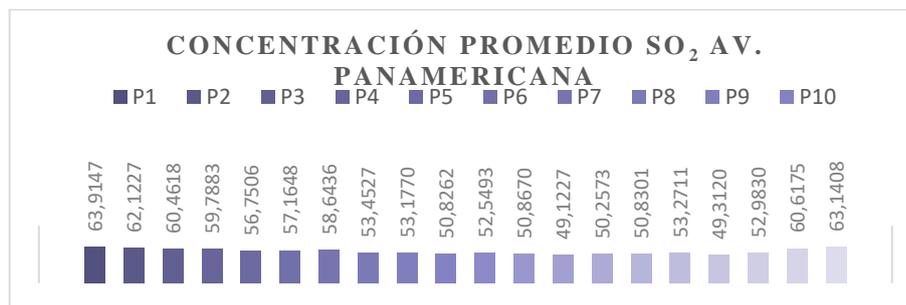
#### 4.3.3.1. Entrada 1: Av. Panamericana

Se estableció los valores promedios de la Av. Panamericana de dióxido de azufre, mediante 20 puntos de muestreo, en el mes 7 de julio hasta el 3 de agosto, donde analizar los datos promedios durante los 29 días de monitoreo constante.

**Tabla 32-4:** Concentración Promedio SO<sub>2</sub> Av. Panamericana

PUNTO	PROMEDIO ug/m <sup>3</sup>
P1	63,9147
P2	62,1227
P3	60,4618
P4	59,7883
P5	56,7506
P6	57,1648
P7	58,6436
P8	53,4527
P9	53,1770
P10	50,8262
P11	52,5493
P12	50,8670
P13	49,1227
P14	50,2573
P15	50,8301
P16	53,2711
P17	49,3120
P18	52,9830
P19	60,6175
P20	63,1408

Realizado por: Gaibor, I.; Salinas, L. 2022



**Gráfico 7-4.** Representación de concentraciones promedio de SO<sub>2</sub> Av. Panamericana

Realizado por: Gaibor, I.; Salinas, L. 2022

En el gráfico 23-4, se determinó los valores de los promedios del dióxido de azufre en la avenida la Panamericana, mediante 20 puntos de muestreo del 7 de julio hasta el 4 de agosto, donde se

puede observar el promedio sosteniendo el punto 1 como un valor máximo de 63,9147 esto se debe que este sitio está ubicado el de By Pass de acuerdo (Orozco y Romaña, 2018, p. 53) la acumulación de SO<sub>x</sub> aumenta debido al tráfico vehicular, especialmente el transporte de automotores pesados que consumen diésel, la congestión vehicular por la presencia de múltiples semáforos en la zona y la dispersión de contaminantes por la urbanización es especial la presencia de edificios altos; asimismo conservando el punto 13 como el mínimo valor de 49,1227; manteniéndose como punto estable que permite conocer que una área que representa la mayor dispersión de este contaminante.

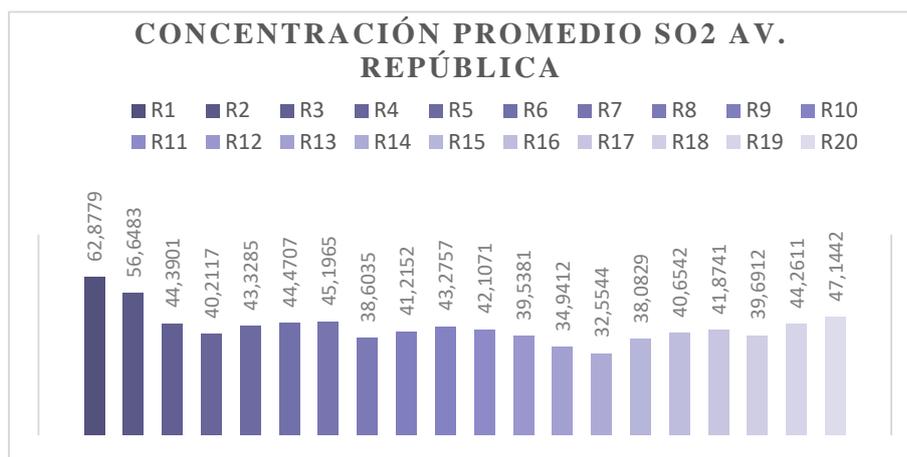
#### 4.3.3.2. Entrada 2: Av. República

Se instauró los valores promedios de la Av. República de dióxido de azufre, mediante 20 puntos de muestreo, en el mes 7 de julio hasta el 3 de agosto, donde analizar los datos promedios durante los 29 días de monitoreo constante.

**Tabla 33-4:** Concentración Promedio SO<sub>2</sub> Av. República

PUNTO	PROMEDIO ug/m <sup>3</sup>
<b>R1</b>	62,8779
<b>R2</b>	56,6483
<b>R3</b>	44,3901
<b>R4</b>	40,2117
<b>R5</b>	43,3285
<b>R6</b>	44,4707
<b>R7</b>	45,1965
<b>R8</b>	38,6035
<b>R9</b>	41,2152
<b>R10</b>	43,2757
<b>R11</b>	42,1071
<b>R12</b>	39,5381
<b>R13</b>	34,9412
<b>R14</b>	32,5544
<b>R15</b>	38,0829
<b>R16</b>	40,6542
<b>R17</b>	41,8741
<b>R18</b>	39,6912
<b>R19</b>	44,2611
<b>R20</b>	47,1442

**Realizado por:** Gaibor, I.; Salinas, L. 2022



**Gráfico 8-4.** Representación de concentraciones promedio de SO<sub>2</sub> Av. República

Realizado por: Gaibor, I.; Salinas, L. 2022

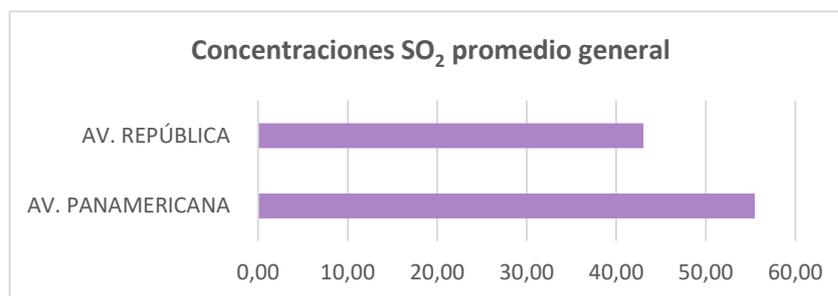
En la gráfica 24-4 se determinó el valor máximo promedio de 62,8779 sosteniendo que en el punto 1 se intuye que es por la intersección entre las dos avenidas así mismo (Orozco y Romaña, 2018, p. 27) sostiene en los automóviles son una fuente importante de contaminantes del aire en áreas urbanas densamente pobladas, ya que los motores de combustión interna emiten gases nocivos según el combustible que generan óxidos de azufre. El valor mínimo se mantiene en el punto 14 con un valor de 32,5544; en la gráfica se analizar que se sus datos se conservan estables, siendo una zona que tiene un área extensa, con poca presencia de vehículos circulación vial corroborando con (Ballester, 2005, p. 168) que los espacios con poca presencia de vehículos son los que mantienen mayor dispersión de contaminantes.

**4.3.4. Promedio General de concentraciones de NO<sub>2</sub> de la Av. Panamericana y Av. República**

**Tabla 34-4:** Concentraciones SO<sub>2</sub> promedio general Av. Panamericana y Av. República

Ubicación	SO <sub>2</sub> (ug/m <sup>3</sup> )
AV. PANAMERICANA	55.4627
AV. REPÚBLICA	43.0533

Realizado por: Gaibor, I.; Salinas, L. 2022



**Gráfico 9-4.** Representación de concentraciones SO<sub>2</sub> promedio general  
Av. Panamericana y Av. República

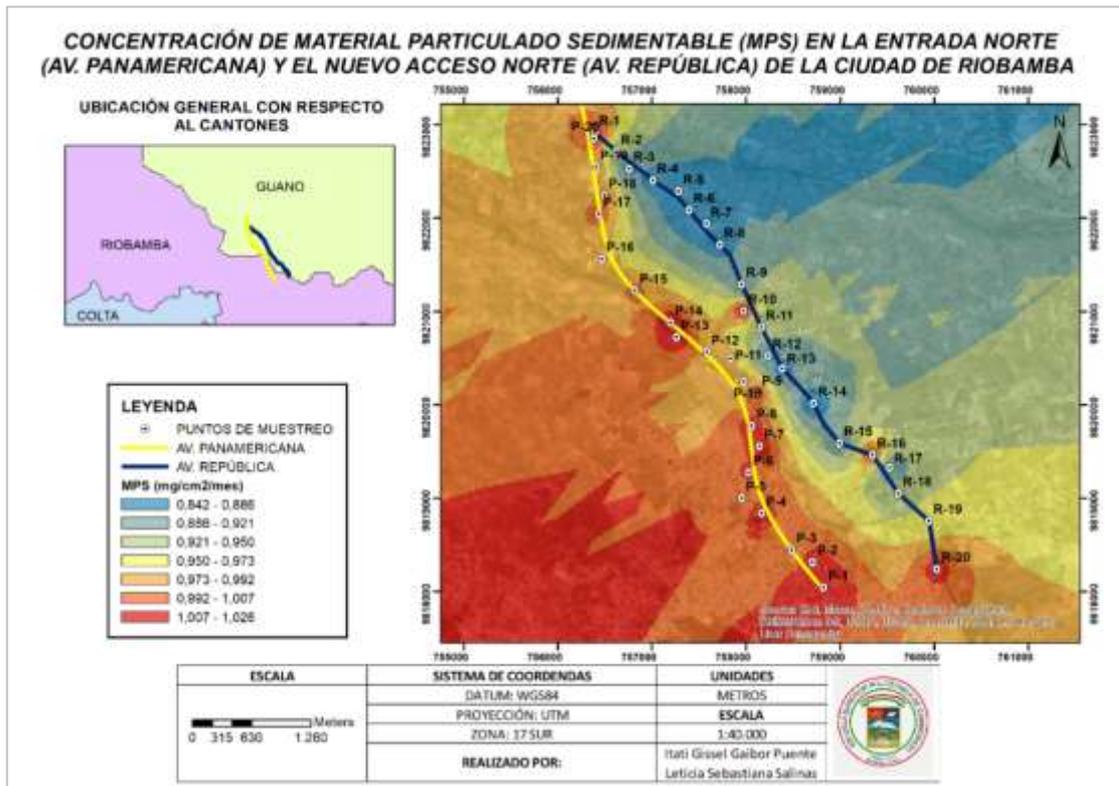
**Realizado por:** Gaibor, I.; Salinas, L. 2022

En la gráfica 5-4 se representa las concentraciones promedio a nivel general de SO<sub>2</sub> en las dos avenidas, el promedio de SO<sub>2</sub> de la Av. Panamericana es 55.4627 ug/m<sup>3</sup> y de la Av. República es 43.0533 ug/m<sup>3</sup> que al comparar estos valores se evidencia que la Av. Panamericana presenta mayor contaminación por SO<sub>2</sub> al tener mayor presencia de urbanización, semáforos, estaciones de servicio, comercio, construcciones y ser una vía con mayor tránsito vehicular lo que contrasta con (Cueva, 2017, p. 58) que indica, que el SO<sub>2</sub> los automóviles emiten grandes cantidades de contaminación del aire al medio ambiente, por lo tanto, dependen directamente del tráfico de automóviles, (Orozco y Romaña, 2018, p. 27) sostiene en las áreas urbanas más densamente pobladas, los vehículos son una fuente importante de contaminantes del aire ya que los motores de combustión interna emiten gases nocivos en respuesta a los combustibles que producen óxidos de azufre., mientras que la Av. República presenta menor concentración de SO<sub>2</sub> al no tener la escasa presencia de urbanización, tránsito vehicular, estaciones de servicio, construcciones, lo que se relaciona con (Tapia et al., 2018, p. 192) que indica que las áreas de menor circulación vehicular y calles más amplias aportan con la disminución de diversos contaminantes del aire y (Zamudio, 2017, p. 118) que expresa que sitios con vastas extensiones reduce la concentración, aumentando la dispersión de contaminantes atmosféricos.

#### **4.4. Mapas temáticos de las concentraciones de NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub> y MPS usando el SOFTWARE ARCGIS.**

Se empleó el software ArcGIS para la elaboración de mapas temáticos que permiten una visualización de las concentraciones obtenidas de MPS y concentraciones promedio de NO<sub>2</sub> y SO<sub>2</sub> de los 20 puntos de muestreo tanto de la Av. Panamericana y Av. República.

#### 4.4.1. Material Particulado Sedimentable (MPS)

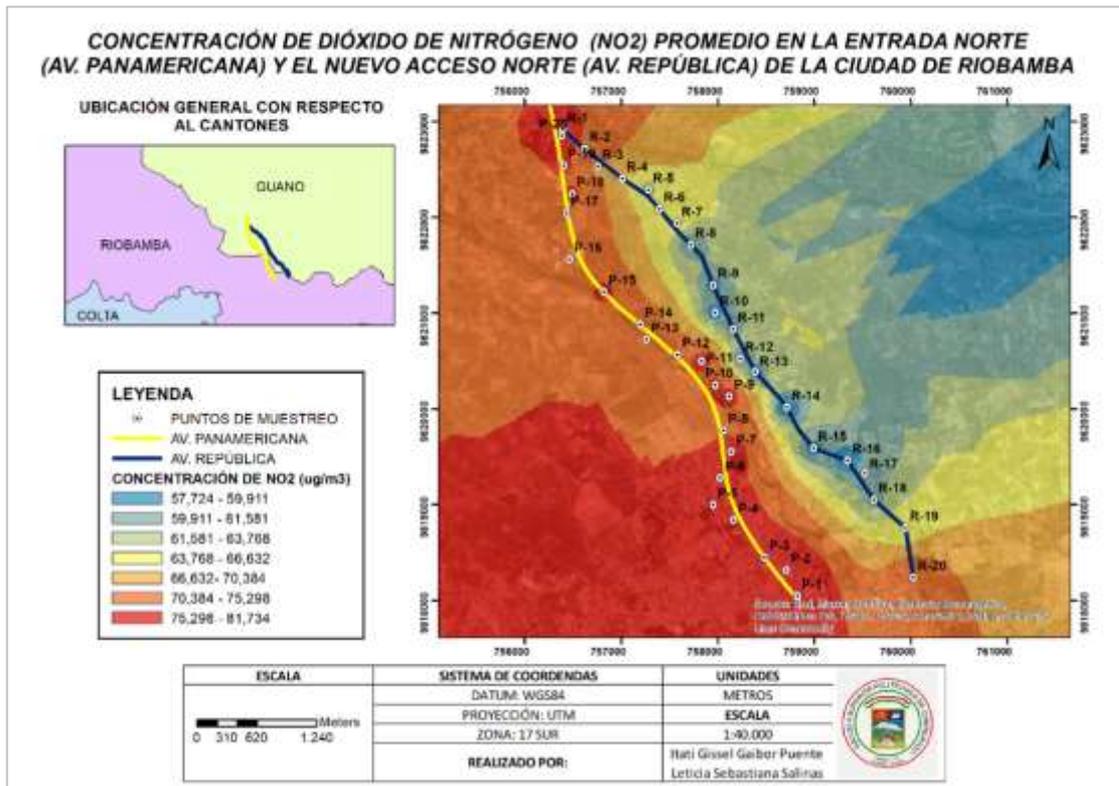


**Figura 10-4.** Mapa de concentraciones de MPS en las dos avenidas

**Realizado por:** Gaibor, I.; Salinas, L. 2022

En la figura 10-4, se representa la concentración promedio de MPS de cada punto de muestreo generada en los 30 días de monitoreo en las dos avenidas, en este mapa podemos apreciar con coloración roja los puntos con mayor concentración que son: P1, P2, P4, P7, P8, P9, P13, P14, P17, P18, P20, R1, R10, R16 y R20 de acuerdo a la escala de colores, también se observa que la zona izquierda donde se ubica la Av. Panamericana presenta mayores concentraciones de MPS con coloraciones rojizas y amarillas mientras que en el lado derecho donde se ubica la Av. República presenta en su mayoría coloraciones azules y verdes lo que significa que tiene concentraciones bajas de MPS, con lo que se deduce que los puntos más cercanos a las industrias, actividades de construcción y tráfico vehicular tienen mayor influencia para altas concentraciones de MPS, así como también la velocidad y dirección del viento durante el mes de estudio, debido a que en el mes de julio y agosto la velocidad del viento predominante ha sido mayor a 12 km/h (Meteoblue, 2022), favoreciendo la dispersión de partículas sedimentables a lo largo de la zona de estudio.

#### 4.4.2. Dióxido de Nitrógeno (NO<sub>2</sub>)



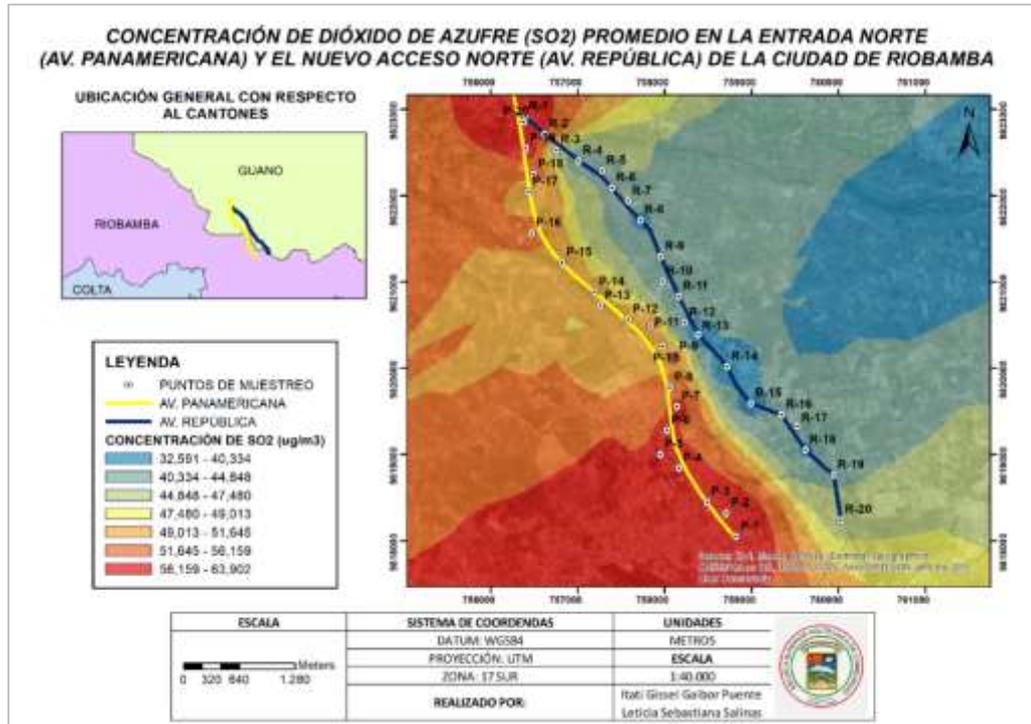
**Figura 11-4.** Mapa de concentraciones de NO<sub>2</sub> en las dos avenidas

Realizado por: Gaibor, I.; Salinas, L. 2022

En la figura 11-4, se representa la concentración promedio de NO<sub>2</sub> generada en los cuatro monitoreos durante el período de 7 de julio hasta el 4 de agosto en las dos avenidas, en este mapa podemos apreciar con coloración roja los puntos con mayor concentración que son: P1, P2, P3, P4, P5, P6, P7, P9, P10, P11, P15, P18, P19, P20 y R1 de acuerdo a la escala de colores, también se observa que zona izquierda donde se ubica la Av. Panamericana presenta mayores concentraciones de NO<sub>2</sub> con coloraciones rojizas y amarillas mientras que en el lado derecho donde se ubica la Av. República presenta en su mayoría coloraciones azules y verdes lo que significa que tiene concentraciones bajas de NO<sub>2</sub>. Al comparar la Av. Panamericana y la Av. República se evidencia que la Av. Panamericana presenta mayor contaminación por NO<sub>2</sub> al tener mayor presencia de urbanización, servicios, comercio y tránsito vehicular lo que contrasta con (Aránguez et al., 1999, p. 24) que indica que el dióxido de nitrógeno se forma por combinación del nitrógeno presente en el aire y el carbono de los combustibles durante la combustión y oxidación, y (Calisaya y A, 2012, p. 51) asume que la elevada concentración de las emisiones de NO<sub>2</sub> son generadas por los vehículos, mientras que la Av. República presenta menor contaminación al tener menor presencia de urbanización, comercio, población y tránsito vehicular como lo indica

(Tapia et al., 2018, p. 192) que las áreas de menor circulación vehicular y calles más amplias puede contribuir con la disminución continua de diversos contaminantes ambientales.

#### 4.4.3. Dióxido de Azufre (SO<sub>2</sub>)



**Figura 12-4.** Mapa de concentraciones de SO<sub>2</sub> en las dos avenidas

Realizado por: Gaibor, I.; Salinas, L. 2022

En la figura 12-4, se representa la concentración promedio de SO<sub>2</sub> generada en los cuatro monitoreos durante el período de 7 de julio hasta el 4 de agosto en las dos avenidas, en este mapa podemos apreciar con coloración roja los puntos con mayor concentración que son: P1, P2, P3, P4, P5, P6, P10, P11, P16, P18, P19, P20 y R1 de acuerdo a la escala de colores, también se observa que zona izquierda donde se ubica la Av. Panamericana presenta mayores concentraciones de SO<sub>2</sub> con coloraciones rojizas y amarillas mientras que en el lado derecho donde se ubica la Av. República presenta en su mayoría coloraciones azules y verdes lo que significa que tiene concentraciones bajas de SO<sub>2</sub>. Al comparar la Av. Panamericana y la Av. República se evidencia que la Av. Panamericana presenta mayor contaminación por SO<sub>2</sub> al tener mayor presencia de urbanización, servicios, comercio y mayor tránsito vehicular lo que contrasta con (Cueva, 2017, p. 58) que indica, que el SO<sub>2</sub> tiene una dependencia directa a la circulación vehicular, debido a que los medios de transporte emiten gran cantidad de contaminación al ambiente y (Bermeo y Vega, 2018, p. 54) que expresan, que el SO<sub>2</sub> se origina por la combustión que se produce en los vehículos; mientras que la Av. República presenta menor concentración de NO<sub>2</sub>

al no tener la escasa presencia de urbanización, tránsito vehicular, estaciones de servicio, construcciones, lo que se relaciona con (Tapia et al., 2018, p. 192) que indica que las áreas de menor circulación vehicular y calles más amplias puede contribuir con la disminución continua de diversos contaminantes ambientales.

#### 4.5. Análisis estadístico comparativo

**Tabla 35-4:** Estadística descriptiva de las concentraciones de MPS, y concentraciones promedio de NO<sub>2</sub> y SO<sub>2</sub> en la dos Avenidas

MEDIDAS	MPS		NO <sub>2</sub>		SO <sub>2</sub>	
	AV. PANAMERICANA	AV. REPÚBLICA	AV. PANAMERICANA	AV. REPÚBLICA	AV. PANAMERICANA	AV. REPÚBLICA
<b>Media</b>	1.0058	0.9111	76.8475	63.6059	55.4627	43.0533
<b>Error típico</b>	0.0032	0.0142	0.5241	1.3636	1.0974	1.5116
<b>Mediana</b>	1.0095	0.8855	76.8542	60.6699	53.3619	41.9906
<b>Desviación estándar</b>	0.0143	0.0633	2.3440	6.0982	4.9076	6.7599
<b>Varianza de la muestra</b>	0.0002	0.0040	5.4944	37.1879	24.0843	45.6969
<b>Curtosis</b>	-1.0436	-0.7837	-0.0250	0.1574	-1.3390	3.6150
<b>Coefficiente de asimetría</b>	-0.3470	0.8093	0.1522	1.1409	0.3655	1.5827
<b>Rango</b>	0.0470	0.1820	9.4865	19.2585	14.7921	30.3235
<b>Mínimo</b>	0.9790	0.8420	72.2567	57.6800	49.1227	32.5544
<b>Máximo</b>	1.0260	1.0240	81.7432	76.9385	63.9147	62.8779
<b>Suma</b>	20.1150	18.2220	1536.9503	1272.1181	1109.2532	861.0667
<b>%CV</b>	1.4208%	6.9501%	3.0502%	9.5875%	8.8484%	15.7013%

Realizado por: Gaibor, I.; Salinas, L. 2022

En la tabla 32-4 del análisis de la estadística descriptiva de las concentraciones de MPS, y concentraciones promedio de  $\text{SO}_2$  y  $\text{NO}_2$  en la Av. Panamericana y Av. República, se observa el comportamiento que tienen los datos con relación a la media; donde la media de las concentraciones de MPS,  $\text{NO}_2$  y  $\text{SO}_2$  son mayores en la Av. Panamericana, lo que indica que la ésta en comparación a la Av. República sea la más contaminada. Los valores de Coeficiente de variación (CV) indican que tanto para el MPS,  $\text{NO}_2$  y  $\text{SO}_2$  de la Av. Panamericana son bajos en comparación a la Av. República, lo que quiere decir que la Av. República tiene mayor variación y dispersión respecto a la media en sus concentraciones de los diferentes contaminantes; los valores de coeficiente de asimetría muestran que para los contaminantes  $\text{NO}_2$  y  $\text{SO}_2$  es una asimetría positiva tanto para la Av. República y Av. Panamericana. El comportamiento del coeficiente de asimetría se muestra distinto para MPS observando que para la Av. Panamericana tiene una asimetría negativa mientras que la Av. República presenta una asimetría positiva. Dada la medida de curtosis se observa que para MPS y  $\text{NO}_2$  en la Av. República y Av. Panamericana la curtosis es platocúrtica, mientras que para el caso de  $\text{SO}_2$  la curtosis es leptocúrtica en la Av. República y platocúrtica para la Av. Panamericana (Suárez, 2020, pp. 33-34).

#### 4.6. Análisis Comparativo con la Norma de la calidad del aire

##### 4.6.1. Material Particulado Sedimentable (MPS)

Las concentraciones determinadas de Material Particulado Sedimentable (MPS) de la Av. Panamericana y Av. República se compararon con los límites máximos permisibles del ANEXO 4 DEL LIBRO VI DEL TEXTO UNIFICADO DE LEGISLACIÓN SECUNDARIA DEL MINISTERIO DEL AMBIENTE vigentes mediante el Acuerdo Ministerial 097, se transformó los datos de concentración acorde al periodo de tiempo en el que se rige la norma.

##### 4.6.1.1. Av. Panamericana

**Tabla 36-4:** Comparación de las concentraciones de MPS y límites permisibles establecidos en el Acuerdo Ministerial 097-A en la Av. Panamericana

MATERIAL PARTICULADO SEDIMENTABLE (MPS)				
AV. PANAMERICANA				
Punto	Concentración (mg/cm <sup>2</sup> /mes)	Acuerdo Ministerial 097-A Límite permisible	Permisible	
			SI	NO
P1	1.026	(1 mg/cm <sup>2</sup> x mes)		X
P2	1.013			X
P3	0.998		X	
P4	1.016			X
P5	0.994		X	
P6	1.011			X
P7	1.018			X
P8	1.022			X
P9	1.015			X
P10	0.984		X	
P11	0.979		X	
P12	0.993		X	
P13	1.025			X
P14	1.019			X
P15	0.997		X	
P16	0.985		X	
P17	1.008			X
P18	1.002			X
P19	0.996		X	
P20	1.014			X

Realizado por: Gaibor, I.; Salinas, L. 2022

En la tabla 33-4 se muestra la comparación de las concentraciones de Material Particulado Sedimentable (MPS) con los límites permisibles establecidos en el Acuerdo Ministerial 097-A,

donde 12 puntos (punto 1, 2, 4, 6, 7, 8, 9, 13, 14, 17, 18 y 20) sobrepasan el límite permisible de 1 mg/cm<sup>2</sup>/mes, con lo que se deduce que los puntos más cercanos a las industrias, actividades de construcción y tráfico vehicular tienen mayor influencia para altas concentraciones de MPS, así como también la velocidad y dirección del viento durante el mes de estudio, debido a que en el mes de julio y agosto la velocidad del viento predominante ha sido mayor a 12 km/h (Meteoblue, 2022), favoreciendo la dispersión de partículas sedimentables a lo largo de la zona de estudio.

#### 4.6.1.2. Av. República

**Tabla 37-4:** Comparación de las concentraciones de MPS y límites permisibles establecidos en el Acuerdo Ministerial 097-A en la Av. República

MATERIAL PARTICULADO SEDIMENTABLE (MPS)				
AV. REPÚBLICA				
Punto	Concentración (mg/cm <sup>2</sup> /mes)	Acuerdo Ministerial 097-A Límite permisible (1 mg/cm <sup>2</sup> x mes)	Permisible	
			SI	NO
R1	1.018	(1 mg/cm <sup>2</sup> x mes)		X
R2	0.931		X	
R3	0.869		X	
R4	0.863		X	
R5	0.842		X	
R6	0.849		X	
R7	0.854		X	
R8	0.872		X	
R9	0.888		X	
R10	1.024		X	X
R11	0.924		X	
R12	0.875		X	
R13	0.861		X	
R14	0.845		X	
R15	0.903		X	
R16	1.015		X	X
R17	0.883		X	
R18	0.928		X	
R19	0.965		X	
R20	1.013		X	X

Realizado por: Gaibor, I.; Salinas, L. 2022

En la tabla 34-4 se muestra la comparación de las concentraciones de Material Particulado Sedimentable (MPS) con los límites permisibles establecidos en el Acuerdo Ministerial 097-A, donde 4 puntos (punto 1, 10, 16, 20) sobrepasan el límite permisible de 1 mg/cm<sup>2</sup>/mes, con lo que se deduce que los puntos más cercanos a las industrias, actividades de construcción y tráfico vehicular tienen mayor influencia para altas concentraciones de MPS y los puntos con menor frecuencias de actividades industriales y paso de transporte terrestre presentan bajas concentraciones que se encuentran dentro del límite permisible que en este caso son 16 puntos a lo largo de la Avenida.

#### 4.6.2. Dióxido de Nitrógeno (NO<sub>2</sub>)

Las concentraciones determinadas de Dióxido de Nitrógeno (NO<sub>2</sub>) de la Av. Panamericana y Av. República se compararon con los límites máximos permisibles del ANEXO 4 DEL LIBRO VI DEL TEXTO UNIFICADO DE LEGISLACIÓN SECUNDARIA DEL MINISTERIO DEL AMBIENTE vigentes mediante el Acuerdo Ministerial 097, se transformó los datos de concentración acorde al periodo de tiempo en el que se rige la norma.

##### 4.6.2.1. Av. Panamericana

**Tabla 38-4:** Comparación de las concentraciones de NO<sub>2</sub> y límites permisibles establecidos en el Acuerdo Ministerial 097-A en la Av. Panamericana

DIOXIDO DE NITRÓGENO (NO <sub>2</sub> )					
AV. PANAMERICANA					
Punto	Concentración promedio	Concentración promedio en 1 hora	Acuerdo Ministerial 097-A	Permisible	
	ug/m <sup>3</sup>	ug/m <sup>3</sup>	Límite máximo permisible en una hora	SI	NO
P1	81.7432	0.4866	200 ug/m <sup>3</sup>	X	
P2	80.1706	0.4772		X	
P3	79.7133	0.4745		X	
P4	77.3295	0.4603		X	
P5	77.4713	0.4611		X	
P6	79.5761	0.4737		X	
P7	77.3028	0.4601		X	
P8	75.3862	0.4487		X	
P9	78.2214	0.4656		X	
P10	76.5309	0.4555		X	
P11	77.9399	0.4639		X	
P12	75.0347	0.4466		X	
P13	72.2567	0.4301		X	
P14	73.4660	0.4373		X	
P15	76.2172	0.4537		X	
P16	74.4340	0.4431		X	
P17	74.7583	0.4450		X	
P18	76.1130	0.4531		X	
P19	76.1076	0.4530		X	
P20	77.1775	0.4594		X	

Realizado por: Gaibor, I.; Salinas, L. 2022

En la tabla 35-4 se muestra la comparación de las concentraciones de Dióxido de Nitrógeno (NO<sub>2</sub>) con los límites permisibles establecidos en el Acuerdo Ministerial 097-A, donde todos los puntos

de muestreo se encuentran dentro del límite máximo permisible de  $200 \text{ ug/m}^3$  en una hora, con lo que se deduce que la zona de la Av. Panamericana cumple con la Norma de la Calidad de Aire.

4.6.2.2. Av. República

**Tabla 39-4:** Comparación de las concentraciones de NO<sub>2</sub> y límites permisibles establecidos en el Acuerdo Ministerial 097-A en la Av. República

<b>DIOXIDO DE NITRÓGENO (NO<sub>2</sub>)</b>					
<b>AV. REPÚBLICA</b>					
<b>Punto</b>	<b>Concentración promedio</b>	<b>Concentración promedio en 1 hora</b>	<b>Acuerdo Ministerial 097-A</b>	<b>Permisible</b>	
	<b>ug/m<sup>3</sup></b>	<b>ug/m<sup>3</sup></b>	<b>Límite maximo permisible en una hora</b>	<b>SI</b>	<b>NO</b>
<b>R1</b>	77.4692	0.4611	200 ug/m <sup>3</sup>	X	
<b>R2</b>	75.3982	0.4488		X	
<b>R3</b>	69.0557	0.4110		X	
<b>R4</b>	65.6903	0.3910		X	
<b>R5</b>	62.6700	0.3730		X	
<b>R6</b>	66.9415	0.3985		X	
<b>R7</b>	64.2880	0.3827		X	
<b>R8</b>	59.2291	0.3526		X	
<b>R9</b>	59.7576	0.3557		X	
<b>R10</b>	58.1936	0.3464		X	
<b>R11</b>	60.2970	0.3589		X	
<b>R12</b>	59.7684	0.3558		X	
<b>R13</b>	58.1397	0.3461		X	
<b>R14</b>	57.2767	0.3409		X	
<b>R15</b>	58.3662	0.3474		X	
<b>R16</b>	58.2475	0.3467		X	
<b>R17</b>	60.4048	0.3596		X	
<b>R18</b>	60.9442	0.3628		X	
<b>R19</b>	64.6116	0.3846		X	
<b>R20</b>	74.4813	0.4433		X	

**Realizado por:** Gaibor, I.; Salinas, L. 2022

En la tabla 36-4 se muestra la comparación de las concentraciones de Dióxido de Nitrógeno (NO<sub>2</sub>) con los límites permisibles establecidos en el Acuerdo Ministerial 097-A, donde todos los puntos de muestreo se encuentran dentro del límite máximo permisible de 200 ug/m<sup>3</sup> en una hora, con lo que se deduce que la zona de la Av. República cumple con la Norma de la Calidad de Aire.

#### 4.6.3. Dióxido de Azufre (SO<sub>2</sub>)

Las concentraciones determinadas de Dióxido de Azufre (SO<sub>2</sub>) de la Av. Panamericana y Av. República se compararon con los límites máximos permisibles del ANEXO 4 DEL LIBRO VI DEL TEXTO UNIFICADO DE LEGISLACIÓN SECUNDARIA DEL MINISTERIO DEL AMBIENTE vigentes mediante el Acuerdo Ministerial 097, se transformó los datos de concentración acorde al periodo de tiempo en el que se rige la norma.

##### 4.6.3.1. Av. Panamericana

**Tabla 40-4:** Comparación de las concentraciones de SO<sub>2</sub> y límites permisibles establecidos en el Acuerdo Ministerial 097-A en la Av. Panamericana

DIOXIDO DE AZUFRE (SO <sub>2</sub> ) AV. PANAMERICANA					
Punto	Concentración promedio	Concentración promedio en 1 hora	Acuerdo Ministerial 097-A	Permisible	
	ug/m <sup>3</sup>	ug/m <sup>3</sup>	Límite máximo permisible en 24 horas	SI	NO
P1	63.9147	9.1307	125 ug/m <sup>3</sup>	X	
P2	62.1227	8.8747		X	
P3	60.4618	8.6374		X	
P4	59.7883	8.5412		X	
P5	56.7506	8.1072		X	
P6	57.1648	8.1664		X	
P7	58.6436	8.3777		X	
P8	53.4527	7.6361		X	
P9	53.1770	7.5967		X	
P10	50.8262	7.2609		X	
P11	52.5493	7.5070		X	
P12	50.8670	7.2667		X	
P13	49.1227	7.0175		X	
P14	50.2573	7.1796		X	
P15	50.8301	7.2614		X	
P16	53.2711	7.6102		X	
P17	49.3120	7.0446		X	
P18	52.9830	7.5690		X	
P19	60.6175	8.6596		X	
P20	63.1408	9.0201		X	

Realizado por: Gaibor, I.; Salinas, L. 2022

En la tabla 37-4 se muestra la comparación de las concentraciones de Dióxido de Nitrógeno (SO<sub>2</sub>) con los límites permisibles establecidos en el Acuerdo Ministerial 097-A, donde todos los puntos

de muestreo se encuentran dentro del límite máximo permisible de  $125 \text{ ug/m}^3$  en 24 horas, con lo que se deduce que la zona de la Av. Panamericana cumple con la Norma de la Calidad de Aire.

4.6.3.2. Av. República

**Tabla 41-4:** Comparación de las concentraciones de SO<sub>2</sub> y límites permisibles establecidos en el Acuerdo Ministerial 097-A en la Av. República

<b>DIOXIDO DE AZUFRE (SO<sub>2</sub>)</b>					
<b>AV. REPÚBLICA</b>					
<b>Punto</b>	<b>Concentración promedio</b>	<b>Concentración promedio en 1 hora</b>	<b>Acuerdo Ministerial 097-A</b>	<b>Permisible</b>	
	<b>ug/m<sup>3</sup></b>	<b>ug/m<sup>3</sup></b>	<b>Límite máximo permisible en 24 horas</b>	<b>SI</b>	<b>NO</b>
<b>P1</b>	62.8779	8.9826	125 ug/m <sup>3</sup>	X	
<b>P2</b>	56.6483	8.0926		X	
<b>P3</b>	44.3901	6.3414		X	
<b>P4</b>	40.2117	5.7445		X	
<b>P5</b>	43.3285	6.1898		X	
<b>P6</b>	44.4707	6.3530		X	
<b>P7</b>	45.1965	6.4566		X	
<b>P8</b>	38.6035	5.5148		X	
<b>P9</b>	41.2152	5.8879		X	
<b>P10</b>	43.2757	6.1822		X	
<b>P11</b>	42.1071	6.0153		X	
<b>P12</b>	39.5381	5.6483		X	
<b>P13</b>	34.9412	4.9916		X	
<b>P14</b>	32.5544	4.6506		X	
<b>P15</b>	38.0829	5.4404		X	
<b>P16</b>	40.6542	5.8077		X	
<b>P17</b>	41.8741	5.9820		X	
<b>P18</b>	39.6912	5.6702		X	
<b>P19</b>	44.2611	6.3230		X	
<b>P20</b>	47.1442	6.7349		X	

Realizado por: Gaibor, I.; Salinas, L. 2022

En la tabla 38-4 se muestra la comparación de las concentraciones de Dióxido de Nitrógeno (SO<sub>2</sub>) con los límites permisibles establecidos en el Acuerdo Ministerial 097-A, donde todos los puntos de muestreo se encuentran dentro del límite máximo permisible de 125 ug/m<sup>3</sup> en 24 horas, con lo que se deduce que la zona de la Av. República cumple con la Norma de la Calidad de Aire.

## CONCLUSIONES

- Se identificó los puntos estratégicos de muestreo en la entrada norte (Av. Panamericana) y el nuevo acceso (Av. República) de la ciudad de Riobamba, mediante un muestreo aleatorio estratificado cubriendo las dos avenidas con cuarenta puntos de muestreo, en la Av. Panamericana de aproximadamente 7 km se ubicaron 13 puntos cada 500 metros y 7 puntos al azar iniciando desde la entrada en el sector By Pass hasta la intersección con la segunda entrada Av. República, y en la Av. República de aproximadamente 7 km se colocaron 14 puntos cada 500 metros y 6 puntos al azar a lo largo de la vía iniciando desde la intersección con la Av. Panamericana hasta el redondel de la entrada de la Av. República, los puntos al azar fueron escogidos a criterio propio según la observación de lugares en los que podría existir mayor contaminación, en los 40 puntos en que se ubicaron los porta muestreadores de Dióxido de Nitrógeno ( $\text{NO}_2$ ), Dióxido de Azufre ( $\text{SO}_2$ ) y Material Particulado Sedimentable (MPS) para la determinación de concentraciones.
- Se determinó la concentración de Dióxido de Nitrógeno ( $\text{NO}_2$ ), Dióxido de Azufre ( $\text{SO}_2$ ) y Material Particulado Sedimentable (MPS) en el aire ambiente de las dos avenidas, mediante la técnica de muestreadores pasivos basado en la absorción de los contaminantes mediante para MPS se empleó cajas Petri con papel filtro que fueron expuestas desde el 7 de julio al 5 de agosto de 2022, para  $\text{NO}_2$  y  $\text{SO}_2$  se utilizó tubos muestreadores con soluciones absorbentes preparadas respectivamente y expuestas durante cuatro monitoreos de 7 días cada uno iniciado desde el 7 de julio hasta el 4 de agosto de 2022, las muestras fueron analizadas en el laboratorio de Investigación de la Facultad de Ciencias mediante espectrofotometría y ecuaciones matemáticas.
- Se comparó estadísticamente las concentraciones de Dióxido de Nitrógeno ( $\text{NO}_2$ ), Dióxido de Azufre ( $\text{SO}_2$ ) y Material Particulado Sedimentable (MPS) entre las dos avenidas mediante una estadística descriptiva estándar en donde las medias de las concentraciones de los tres contaminantes atmosféricos fueron mayores en la Av. Panamericana con respecto a la Av. República, así como también se determinó que los datos de la Av. Panamericana presentan menos dispersión en relación a la media de concentración.
- Se determinó mediante la norma de calidad de aire ambiente (Acuerdo Ministerial 097-A) que 12 puntos de la Av. Panamericana y 4 puntos de la Av. República sobrepasan el límite máximo permisible de MPS ( $1 \text{ mg/cm}^2 \times \text{mes}$ ) por lo tanto Av. Panamericana no cumple con la norma en más del 50% de sus puntos de muestreos puntos a diferencia de la av. República que el 20 % de los puntos de esta avenida no cumplen con la norma; para  $\text{NO}_2$  el límite permisible máximo es  $200 \text{ ug/m}^3$  en una hora y  $\text{SO}_2$   $125 \text{ ug/m}^3$  en 24

horas, tanto la Av. Panamericana y República no sobrepasan los límites máximos permisibles de  $\text{NO}_2$  y  $\text{SO}_2$  en ninguno de los puntos de muestreo por lo tanto para  $\text{NO}_2$  y  $\text{SO}_2$  las dos avenidas cumplen con la norma de la calidad aire ambiente.

## **RECOMENDACIONES**

- Realizar monitoreos en diferentes épocas del año para obtener una mayor cantidad de datos y poder determinar la contaminación anual en área de estudio.
- Proporcionar información a la población de la zona de estudio acerca de la calidad del aire sus efectos a la salud y al ambiente.
- Realizar diferentes técnicas para la determinación de la concentración de los contaminantes atmosféricos y demostrar la eficiencia de los diferentes métodos.
- Colocar señaléticas y protección en los portamuestreadores para garantizar la seguridad y la óptima recolección de muestras de los contaminantes atmosféricos.
- Realizar estudios similares en áreas aledañas o con características similares a la zona de estudio.
- Partiendo de este análisis se recomienda a las autoridades correspondientes de la Ciudad de Riobamba, la ejecución de estrategias de gestión que promuevan el cuidado y mitigación de agentes contaminantes que afectan a la calidad del aire ambiente, con el propósito de garantizar un ambiente sano para la población.

## BIBLIOGRAFÍA

**ACUERDO MINISTERIAL 097-A.** *Registro Oficial Suplemento 387 de 4 de Noviembre de 2015. REFORMA DEL LIBRO IX DEL TEXTO UNIFICADO DE LEGISLACIÓN SECUNDARIA DEL MINISTERIO DEL AMBIENTE.* 2015. S.l.: s.n. 2015.

**ALMIRÓN, Martín et al.** "Uso de *Larrea Cuneifolia Cav.* y *Zuccagnia Punctata Cav.* en la evaluación del material particulado sedimentable en una calera de los Berros-San Juan-Argentina". *SciELO*, vol. 1, no. 17, (2008), pp. 29-38.

**ARÁNGUEZ, Emiliano et al.** "Contaminantes atmosféricos y su vigilancia". *Revista Española de Salud Pública*, vol. 73, no. 2, (1999), pp. 123-132. ISSN 11355727. DOI 10.1590/s1135-57271999000200003.

**ARIZA, Linda Victoria et al.** "Percepción ciudadana sobre el impacto de la contaminación atmosférica en salud y calidad de vida: estudio piloto". *Épsilon* [en línea], vol. 1, no. 21, (2014), pp. 173-187. ISSN 1692-1259. Disponible en: <https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=1162&context=ep>.

**BALLESTER, Ferran.** "CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA, CAMBIO CLIMÁTICO Y SALUD". *Escuela Valenciana de Estudios para la Salud*. [en línea], vol. 79, no. 6, (2005), pp. 159-175. ISSN 14745488. DOI 10.1016/S1470-2045(15)70238-X. Disponible en: [https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1135-57272005000200005](https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1135-57272005000200005).

**BERMEO, Jairon & VEGA, Denis.** *Evaluación de contaminantes atmosféricos en los principales mercados de la ciudad de Riobamba.* S.l.: s.n. 2018.

**BOLUFÉ, Javier & CARRILLO, Ernesto.** "Contaminación atmosférica por material particulado en avenida La Habana con alto flujo vehicular". *Transporte, Desarrollo y Medio Ambiente* [en línea], vol. 38, no. December 2018, (2018), pp. 3-11. Disponible en: [https://www.researchgate.net/profile/Javier\\_Bolufe/publication/331453759\\_Contaminacion\\_Atmosferica\\_por\\_material\\_particulado\\_en\\_avenidas\\_de\\_La\\_Habana\\_con\\_alto\\_flujo\\_vehicular/links/5c7992ae299bf1268d309e39/Contaminacion-Atmosferica-por-material-particulado](https://www.researchgate.net/profile/Javier_Bolufe/publication/331453759_Contaminacion_Atmosferica_por_material_particulado_en_avenidas_de_La_Habana_con_alto_flujo_vehicular/links/5c7992ae299bf1268d309e39/Contaminacion-Atmosferica-por-material-particulado).

**CALISAYA, Claudia & A.** *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*". S.l.: UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA. 2012.

**CANALES, Miguel et al.** "Las partículas respirables PM10 y su composición química en la zona Urbana y rural de Mexicali, Baja California en México". *Informacion Tecnologica*, vol. 25, no. 6, (2014), pp. 13-22. ISSN 07180764. DOI 10.4067/S0718-07642014000600003.

**CANCIANO, Janet et al.** *Muestreo pasivo de contaminantes atmosféricos. Uso en Cuba*. S.l.: s.n. 2017.

**CARRANZA, Juan et al.** "La incorporación del Material Particulado Sedimentable como parámetro en el ECA Aire para la evaluación ambiental.". *Proyecto de investigación para la fiscalización ambiental* [en línea], (2021), pp. 1-28. Disponible en: [https://repositorio.oefa.gob.pe/bitstream/handle/20.500.12788/153/Grupo Nro 4-Carranza J%3B Choque K%3B Mallea M%3B Rojas A%3B Valverde S.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.oefa.gob.pe/bitstream/handle/20.500.12788/153/Grupo%20Nro%204-Carranza%20J%3BChoque%20K%3BMallea%20M%3BRojas%20A%3BValverde%20S.pdf?sequence=1&isAllowed=y).

**CEDEÑO, Cristofer.** "EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AIRE DEL CANTÓN RIOBAMBA PARA EL AÑO 2019 APLICANDO MODELOS COMPUTACIONALES". S.l.: ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO. 2021.

**COCHA, Laura.** *Emisión de gases y su relación en la calidad del aire de la zona urbana de la Ciudad de Riobamba*. Ambato: Universidad Técnica de Ambato. 2017.

**CUESTA, Andrea et al.** "Distribución Espacial De Concentraciones De So<sub>2</sub>, Nox Y O<sub>3</sub> En El Aire Ambiente De Manizales". *Revista Internacional de Contaminacion Ambiental*, vol. 34, no. 3, (2018), pp. 489-504. ISSN 01884999. DOI 10.20937/RICA.2018.34.03.11.

**CUEVA, Patricia.** *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]. S.l.: ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO. 2017. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/browse?type=author&value=Cueva+Villafuerte%2C+Patricia+Estefanía>.

**DE LA VEGA, Ana.** *Sistema de monitoreo de contaminantes atmosféricos para aplicaciones agropecuarias*. S.l.: Universidad Nacional de Córdoba. 2018.

**DELGADO, Plinio.** *Evaluación de la Calidad del Aire Referente a Emisiones de Gases de Combustión: Monóxido de Carbono (CO) Dioxido de Azufre (SO<sub>2</sub>) y Dioxido de Nitrógeno (NO<sub>2</sub>) Generados por los Vehículos que Transitan en el Sector de Durán.* [en línea]. S.l.: UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL. 2016. Disponible en: <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/35521>.

**DÍAZ, Valeria & PÁEZ, Carlos.** "Contaminación por material particulado en Quito y caracterización química de las muestras". *ActaNova*, vol. 3, (2006), pp. 308-322.

**DOMÍNGUEZ, Héctor.** *Nuestra atmósfera: Cómo comprender los cambios climáticos.* Primera. México: s.n. 2004.

**ECHEVERRI, Carlos.** *Contaminación atmosférica.* Primera. Bogotá: Ediciones de la U. 2019. ISBN 9789587629422.

**EL ESPECTADOR CHIMBORAZO.** "Avenida La República será la vía para los deportistas". *19 de enero* [en línea]. 2021. Disponible en: <https://elespectadorchimborazo.com/avenida-la-republica-sera-la-via-para-los-deportistas/>.

**EPEMAPAR.** "Plan estratégico de Desarrollo Cantonal Riobamba 2025". [en línea], (2018), pp. 309. ISSN 0211-819X. Disponible en: <https://www.epemapar.gob.ec/wp-content/uploads/2017/03/plandesarrollocantonal.pdf>.

**ESTRADA, María Victoria.** *EVALUACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE CONTAMINANTES ATMOSFÉRICOS EN EL SECTOR DEL BY PASS DE LA CIUDAD DE RIOBAMBA.* S.l.: ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO. 2021.

**FLORES, Juan et al.** "Material particulado dispersado al aire por vehículos en caminos agrícolas no pavimentados". *Terra Latinoamericana*, vol. 29, no. 1, (2010), pp. 23-34. ISSN 2395-8030.

**FONSECA, Franklin.** *EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE AIRE MEDIANTE LA APLICACIÓN DE BIOMONITORES EN EL TERMINAL INTERCANTONAL DE LA CIUDAD DE RIOBAMBA.* S.l.: ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO. 2021.

**FRANCO, Juan Felipe.** "Contaminación atmosférica en centros urbanos. Desafío para lograr su sostenibilidad: caso de estudio Bogotá". *Revista EAN* [en línea], no. 72, (2012), pp. 193-204. ISSN 0120-8160. Disponible en: [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0120-81602012000100013](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-81602012000100013).

**GALLEGO, Alejandrina. et al.** *Contaminación atmosférica*. S.l.: Universidad Nacional de Educación a Distancia. 2012. ISBN 9788436264289.

**GARCÍA, Aida.** *Estudio Sobre La Reducción De Emisiones Nox Y Sox*. S.l.: Universidad de Cantabria. 2018.

**GUEVARA, Erick & LOGROÑO, Byron.** *Determinación de la concentración de Material Particulado Sedimentable y Volátil en la comunidad de San José de Chanchuan por incidencia industrial*. S.l.: Universidad Nacional de Chimborazo. 2020.

**GUTIÉRREZ, Alejandra et al.** "Exposición ambiental a dióxido de nitrógeno y salud respiratoria a los dos años en la Cohorte INMA-Valencia". *Gaceta Sanitaria*, vol. 32, no. 6, (2018), pp. 507-512.

**HERNÁNDEZ, Marisol et al.** *Manual de derecho ambiental Mexicano*. México: s.n. 2021.

**HERRERA, Jorge et al.** "Uso de muestreadores pasivos para la determinación de dióxido de nitrógeno en dos municipios del área metropolitana de Costa Rica en 2004-2013". *Revista de Ciencias Ambientales*, vol. 48, no. 2, (2014), pp. 20-29.

**LARREA, Harry & MONTENEGRO, Karina.** *Comportamiento del ozono troposférico y sus factores condicionantes medidos en la estación de Guamaní. Pichincha. Ecuador entre los años 2006-2020 Trabajo*. S.l.: Universidad Central de Ecuador. 2022.

**LEDESMA, Manuel.** *Principios de meteorología y climatología*. Primera. S.l.: Ediciones Paraninfo. 2011.

**LOZANO, María José.** *Senna siamea ( Kassod ) COMO BARRERA PROTECTORA DE MATERIAL PARTICULADO SEDIMENTABLE , EN LA AVENIDA FRANCISCO DE ORELLANA, LAS ORQUIDEAS GUAYAQUIL*. S.l.: UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR. 2020.

**MAATE.** "La calidad del aire de las ciudades una prioridad nacional". *14 de agosto* [en línea]. 2020. Disponible en: <https://www.ambiente.gob.ec/la-calidad-del-aire-de-las-ciudades-una-prioridad-nacional/>.

**MANAHAN, Stanley.** *Introducción a la química ambiental*. Primera. México: s.n. 2007. ISBN 0471601802.

**MARCOS, Rubén et al.** "Comparative study for the determination of the atmospheric dust sedimentable employing the methodologies of passive pipe and of plates receptoras in the University Campus of San Marcos". *Centro de Desarrollo e Investigación en Termofluidos CEDIT*, vol. 1, no. 3, (2008), pp. 49-58.

**MARTÍNEZ, Ernesto.** *Contaminación atmosférica*. S.l.: Ediciones de la Universidad de Castilla-La Mancha. 2004. ISBN 9788484279020.

**METEOBLUE.** "Datos climáticos y meteorológicos históricos simulados para Riobamba". *meteoblue* [en línea]. 2022. Disponible en: [https://www.meteoblue.com/es/tiempo/historyclimate/climatemodelled/riobamba\\_ecuador\\_3652350](https://www.meteoblue.com/es/tiempo/historyclimate/climatemodelled/riobamba_ecuador_3652350).

**MOREIRA, Ángel.** "Contaminación del aire en el medio ambiente por las emisiones de gases tóxicos de empresas industriales en Ecuador". *Polo del Conocimiento*, vol. 3, no. 7, (2018), pp. 299-306. DOI 10.23857/pc.v3i7.553.

**NIETO, Jessica.** *EVALUACIÓN DE CONTAMINANTES ATMOSFÉRICOS PROVENIENTES DEL SECTOR AUTOMOTRIZ EN LA AVENIDA 9 DE OCTUBRE DE LA CIUDAD DE RIOBAMBA*. S.l.: s.n. 2019.

**NORIEGA, Paco et al.** "Estudio de la concentración de cadmio y plomo en el aire de la ciudad de Quito, empleando briofitas como biomonitores". *La Granja*, vol. 8, no. 2, (2008), pp. 17-24. ISSN 1390-3799. DOI 10.17163/lgr.n8.2008.03.

**OCHOA, Diego et al.** "Cambios en la composición de líquenes epífitos relacionados con la calidad del aire en la ciudad de Loja (Ecuador)". *Caldasia*, vol. 37, no. 2, (2015), pp. 333-343. ISSN 03665232. DOI 10.15446/caldasia.v37n2.53867.

**OMS.** "Miles de millones de personas siguen respirando aire insalubre: nuevos datos de la OMS". *Organización Mundial de la Salud*. 2022.

**ORLANDONI, Giampaolo et al.** "Calidad del Aire y Enfermedades Respiratorias bajo Diversos Esquemas de Circulación Vial en Bucaramanga (Santander, Colombia)". *Revista Lasallista de Investigación*, vol. 18, no. 1, (2021), pp. 100-113. ISSN 22563938. DOI 10.22507/rli.v18n1a7.

**OROZCO, Rosa & ROMAÑA, Jaime.** *ESTIMACIÓN DE LAS CONCENTRACIONES DE LOS CONTAMINANTES ATMOSFÉRICOS CRITERIO: MP10, SO2, CO, COVS, NOX EMITIDOS POR LAS FUENTES MÓVILES EN LAS PRINCIPALES VÍAS DE LA CIUDAD DE BARRANQUILLA*. S.l.: UNIVERSIDAD DE LA COSTA. 2018.

**PULIAFITO, Salvador Enrique et al.** "Contaminación del aire en Mendoza". *III Simposio de Ecología y Medio Ambiente* [en línea], (1998). ISSN 950-624-073-6. Disponible en: <http://www.um.edu.ar/ojs-new/index.php/RUM/article/view/77>.

**QUISPE, José.** *CONTAMINACIÓN DEL AIRE POR EL ÓXIDO DE AZUFRE EMITIDA POR LAS EMBARCACIONES EN LA BAHÍA DEL CALLAO, 2020*: Universidad Marítima del Perú.

**RANGEL, Ernesto et al.** *La atmósfera, el tiempo y el clima*. S.l.: s.n. 2010.

**ROBLES, Eder et al.** "La contaminación del aire por el material particulado y su relación con las enfermedades de tipo respiratorio en la población de Cerro de Pasco (2010 y 2016)". *Industrial Data*, vol. 22, no. 1, (2019), pp. 173-186. ISSN 1560-9146. DOI 10.15381/idata.v22i1.16533.

**ROMERO, Manuel et al.** "Unsuspected finding on a gastric emptying study". *Clinical Nuclear Medicine* [en línea], vol. 16, no. 10, (2006), pp. 780-781. ISSN 03639762. DOI 10.1097/00003072-199110000-00018. Disponible en: <http://www.revepidemiologia.sld.cu/index.php/hie/article/view/691/671>.

**SALCIDO, Alejandro et al.** "Calidad del aire y monitoreo atmosférico". *Revista Digital Universitaria*, vol. 20, no. 3, (2019). DOI 10.22201/codeic.16076079e.2019.v20n3.a3.

**SANTILLÁN, Guido et al.** "ESTIMACIÓN DEL GRADO DE CONTAMINACIÓN DE MATERIAL PARTICULADO ATMOSFÉRICO Y SEDIMENTABLE EN EL LABORATORIO DE SERVICIOS AMBIENTALES DE LA UNACH". *Perfiles*, vol. 2, (2016), pp. 32-39.

**SBARATO, Darío & SBARATO, Viviana.** *Contaminación del aire*. Primera. Argentina: Editorial Brujas. 2009. ISBN 9789871432363.

**SEGURA, Julián & FRANCO, Juan.** "Exposición de peatones a la contaminación del aire en vías con alto tráfico vehicular". *Rev. salud pública* [en línea], vol. 18, no. 2, (2016), pp. 179-187. DOI 10.15446/rsap.v18n2.47209. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.15446/rsap.v18n2.47209>.

**SUÁREZ, Martín.** *Evaluación estadística de las observaciones de ozono suministradas por la estación ambiental Catumare*. S.l.: Fundación Universitaria Los Libertadores. 2020.

**TAPIA, Vilma et al.** "REORDENAMIENTO VEHICULAR Y CONTAMINACIÓN AMBIENTAL POR MATERIAL PARTICULADO (2,5 Y 10), DIÓXIDO DE AZUFRE Y DIÓXIDO DE NITRÓGENO EN LIMA METROPOLITANA, PERÚ". *Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Publica*, vol. 35, no. 2, (2018), pp. 190-197. ISSN 17264642. DOI 10.17843/rpmesp.2018.352.3250.

**TATES, Johana.** *Evaluación de material particulado sedimentable emitidos en el sector de Fertisa sur de Guayaquil, 2021*. S.l.: Universidad Agraria del Ecuador. 2022.

**UBILLA, Carlos & YOHANNESSEN, Karla.** "Contaminación Atmosférica Efectos En La Salud Respiratoria En El Niño". *Revista Médica Clínica Las Condes*, vol. 28, no. 1, (2017), pp. 111-118. ISSN 07168640. DOI 10.1016/j.rmcl.2016.12.003.

**VELOSA, Sonia & ALTAMAR, Astrid del Socorro.** "Determination of the level of risk of breathable particulate material in bike users: challenge of sustainable mobility by bicycle in Bogotá". , no. March, (2021), pp. 34-58.

**VENEGAS, Laura & MAZZEO, Nicolás.** "La velocidad del viento y la dispersión de contaminantes en la atmósfera". *Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas* [en línea], (2012), pp. 1-11. Disponible en: <http://www.aero.ing.unlp.edu.ar/cliv2/public/actas-congreso/15.Venegas.CLIV2.pdf>.

**VILLACRÉS, María.** *Evaluación de la contaminación atmosférica de la ciudad de Ambato relacionada con el material particulado sedimentable*. S.l.: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. 2015.

**WEITZENFELD, H.** "Contaminación atmosférica y salud en América Latina". *Boletín - Oficina Sanitaria Panamericana* [en línea], vol. 112, no. 2, (1992), pp. 97-109. Disponible en: [https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1135-57272005000200005](https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1135-57272005000200005).

**ZAMUDIO, José Agustín.** *Estrategias Para Mitigar La Contaminación Del Aire En Zonas Aledañas a Grandes Avenidas De Bogotá.* [en línea]. S.l.: Universidad Nacional de Colombia. 2017. Disponible en: <http://bdigital.unal.edu.co/57727/1/11510626.2017.pdf>.

  
D.B.R.A.I.  
Ing. Cristian Castillo



## ANEXOS

### ANEXO A: PREPARACIÓN DE TUBOS MUESTREADORES Y CAJAS PETRI



### ANEXO B: COLOCACIÓN Y RECOLECCIÓN DE PORTAMUESTREADORES



## ANEXO C: ANÁLISIS DE LOS TUBOS MUESTREADORES Y CAJAS PETRI





esPOCH

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: 10 / 01 / 2023

<b>INFORMACIÓN DEL AUTOR/A (S)</b>
<b>Nombres – Apellidos:</b> ITATI GISSEL GAIBOR PUENTE LETICIA SEBASTIANA SALINAS GAONA
<b>INFORMACIÓN INSTITUCIONAL</b>
<b>Facultad:</b> CIENCIAS
<b>Carrera:</b> INGENIERÍA AMBIENTAL
<b>Título a optar:</b> INGENIERA AMBIENTAL
<b>f. responsable:</b> Ing. Cristhian Fernando Castillo Ruiz



  
Ing. C.F. Castillo Ruiz

2468-DBRA-UTP-2022