



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE CIENCIAS

ESCUELA DE CIENCIAS QUÍMICAS

**ESTUDIO DE SO₂ y NO₂ EMPLEANDO MUESTREO PASIVO EN LA
ZONA INDUSTRIAL DE VÍA A LA COSTA - GUAYAQUIL**

AUTORA: PATRICIA ESTEFANÍA CUEVA VILLAFUERTE

TUTORA: ING. RAFAELA VITERI UZCÁTEGUI

TRABAJO DE TITULACIÓN:

TIPO: PROYECTOS TÉCNICOS

Previo la obtención del Título de:

INGENIERA EN BIOTECNOLOGÍA AMBIENTAL

Riobamba – Ecuador

2017

©2017, Patricia Estefanía Cueva Villafuerte

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.

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE CIENCIAS

ESCUELA DE CIENCIAS QUÍMICAS

El Tribunal del Trabajo de Titulación certifica que: El trabajo técnico: “ESTUDIO DE SO₂ y NO₂ EMPLEANDO MUESTREO PASIVO EN LA ZONA INDUSTRIAL DE VÍA LA COSTA - GUAYAQUIL”, de responsabilidad de la señorita Egresada: Patricia Estefanía Cueva Villafuerte, ha sido prolijamente revisado por los Miembros del Tribunal del Trabajo de Titulación, quedando autorizada su presentación.

NOMBRE

FIRMA

FECHA

Ing. Rafaela Viteri

.....

.....

DIRECTOR TRABAJO TITULACIÓN

Ing. Hugo Calderón

.....

.....

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

Ing. Juan Carlos González

.....

.....

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

DOCUMENTALISTA

.....

.....

SISBIB ESPOCH

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

Yo, Patricia Estefanía Cueva Villafuerte, declaro que el presente trabajo de titulación es de mi autoría y que los resultados del mismo son auténticos y originales. Los textos constantes en el documento que provienen de otra fuente están debidamente citados y referenciados.

Como autora, asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de titulación.

Riobamba, 14 de julio del 2017

Patricia Estefanía Cueva Villafuerte

C.I. 180508074-2

Yo, Patricia Estefanía Cueva Villafuerte soy responsable de las ideas, doctrinas y resultados expuestos en este trabajo experimental y el patrimonio intelectual del trabajo de titulación pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Patricia Estefanía Cueva Villafuerte

DEDICATORIA

A mi padre celestial Dios y a la Virgencita del Quinche, quienes me brindaron la oportunidad de vivir y permitieron que el logro hoy alcanzado sea posible.

A mi madre María, quien con su amor, esfuerzo, valentía y tenacidad ha sido el prototipo de padre y madre unificada en mujer fundamental en mi vida.

A mi abuelita María Carmelina y mis hermanos Dayana, Nick y Pablo, quienes con su apoyo y cariño incondicional motivaron mi preparación académica.

A mis chiquitines Agustín, Sofía y Carlie, mi primo Andrés y tíos, quienes con cada detalle y palabra de ánimo me demostraron que las adversidades están en nuestra mente y que el esfuerzo y la dedicación al final tienen su recompensa. Lo logramos

A mis dos ángeles, mi papá Rocco y mi papito Carlos, quienes desde el cielo segura estoy me bendicen y guían en cada paso que emprendo.

A mis queridas amigas quienes a pesar de la distancia siempre han estado presentes impulsándome y motivándome a salir adelante y no dejarme vencer por las adversidades.

Patty

AGRADECIMIENTO

Mi agradecimiento se dirige a quien me regaló el Don de la vida, ha llenado de bendiciones cada día de mi existencia y hoy me permite alcanzar uno de los logros académicos planteados, Dios.

A mi madre hermosa y mi Familia, pilar esencial en cada paso que emprendo, quienes con sus consejos y apoyo incondicional han fomentado mi crecimiento personal y profesional brindándome su amor y cariño absoluto. Los quiero.

A la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, por abrirme las puertas de sus aulas y brindarme la oportunidad de ser una profesional de raíces politécnicas; a mis profesores, a mis compañeros y a todos quienes conforman la ESPOCH, actores principales que durante 5 años impulsaron mi formación estudiantil, no los olvidaré.

Patty

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN.....	XX
ABSTRACT.....	XXI
INTRODUCCIÓN	1
JUSTIFICACIÓN	2
ANTECEDENTES.....	3
OBJETIVOS.....	5
CAPÍTULO I.....	6
1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL	6
1.1. Atmósfera.....	6
1.1.1. Funciones de la atmósfera	6
1.1.1.1. Filtración de los rayos solares.....	7
1.1.1.2. Mantenimiento y distribución de la temperatura	7
1.1.1.3. Autodepuración	7
1.1.2. Capas de la atmósfera	7
1.1.2.1. Tropósfera.....	8
1.1.2.2. Estratósfera	8
1.1.2.3. Mesósfera	8
1.1.2.4. Termósfera o Ionósfera.....	8
1.1.2.5. Exósfera.....	8
1.2. Contaminación atmosférica.....	9
1.2.1. Contaminantes atmosféricos.....	9
1.2.1.1. En función a su origen son:	9
1.2.1.2. De acuerdo a la evolución en la atmósfera existe:.....	9
1.2.1.3. De acuerdo a su estructura, encontramos:	10
1.2.2. Fuentes de emisiones atmosféricas.....	11
1.2.2.1. Fuentes fijas.....	12
1.2.2.2. Fuentes fugitivas.....	12
1.2.2.3. Fuentes móviles	12

1.3. Óxidos de azufre	13
1.3.1. Dióxido de Azufre	13
1.3.1.1. Normativa	14
1.3.1.2. Efectos contaminantes del Dióxido de Azufre	14
1.3.1.3. Análisis de SO ₂	14
1.4. Óxidos de nitrógeno	15
1.4.1. Dióxido de nitrógeno	16
1.4.1.1. Normativa	16
1.4.1.2. Efectos contaminantes del Dióxido de Nitrógeno	17
1.4.1.3. Análisis de NO ₂	17
1.5. Análisis de las emisiones	17
1.5.1. Emisión	17
1.5.1.1. Emisión de las combustiones fijas	18
1.5.1.2. Emisión de las transportes	18
1.5.1.3. Emisiones industriales	18
1.6. Muestreo atmosférico	18
1.6.1. Importancia	19
1.6.2. Tipos de Muestreo	19
1.6.2.1. Muestreo a caudal constante	19
1.6.2.2. Muestreo proporcional	19
1.6.2.3. Muestreo puntual	20
1.6.2.4. Muestreo de partículas	20
1.6.3. Técnicas de muestreo	20
1.6.3.1. Muestreo pasivo	20
1.6.3.2. Muestreo activo	20
1.6.3.3. Analizadores o monitores automáticos	21
1.6.3.4. Sensores remotos	21
1.6.3.5. Bioindicadores	21
1.6.4. Métodos de medida en función al tipo de muestreo	23
1.6.4.1. Métodos extractivos	23
1.6.4.2. Métodos de muestreo in - situ	24
1.6.4.3. Sistemas de teledetección	24
1.6.5. Toma de muestras	24
1.6.5.1. Métodos extractivos	25
1.6.5.2. Métodos no extractivos	25
CAPITULO II	26

2. MARCO METODOLÓGICO.....	26
2.1. Tipo y Diseño de Investigación.....	26
2.1.1. Tipo de Investigación	26
2.1.2. Nivel	26
2.1.3. Diseño de la Investigación.....	26
2.1.4. Técnicas e instrumentos de recogida de datos	26
2.1.5. Técnicas de tabulación de datos:	26
2.2. Lógica del estudio	27
2.2.1. Lugar de estudio	27
2.2.2. Monitoreo	28
2.2.2.1. Establecimiento y georreferenciación de los puntos de monitoreo	28
2.2.3. Parámetros ambientales a tomar en cuenta	30
2.3. Preparación de reactivos para el estudio de NO ₂ en aire.....	30
2.3.1. Materiales	30
2.3.1.1. Materiales de campo.....	30
2.3.1.2. Materiales de laboratorio.....	31
2.3.2. Solución captadora de NO ₂	32
2.3.3. Solución patrón.....	32
2.3.4. Solución Stock de nitrito	32
2.3.5. Preparación del reactivo de Griess	32
2.4. Preparación de reactivos para el estudio de SO ₂ en aire.	32
2.4.1. Materiales	33
2.4.1.1. Materiales de campo.....	33
2.4.1.2. Materiales de laboratorio.....	33
2.4.2. Solución captadora de SO ₂	34
2.4.3. Solución de clorhidrato de pararosanilina	35
2.4.4. Solución de formaldehído.....	35
2.4.5. Solución de ácido sulfámico.....	35
2.4.6. Solución de disulfito de sodio.....	35
2.5. Captadores pasivos.....	35
2.5.1. Elaboración de los captadores pasivos para NO ₂ y SO ₂	36
2.6. Colocación de muestreadores en los puntos de monitoreo.	36
2.7. Exposición de NO ₂ y SO ₂	36
2.8. Transporte y conservación de los captadores pasivos de NO ₂ y SO ₂	36
2.9. Análisis muestral	37
2.9.1. Lugar de análisis.....	37
2.9.2. Procedimiento previo.....	37

2.9.2.1.	Barrido espectral.....	37
2.9.3.	Obtención de curvas de calibración.....	37
2.9.3.1.	Curva de calibración de NO ₂	37
2.9.3.2.	Curva de calibración de SO ₂	39
2.9.4.	Análisis de muestras de NO ₂	41
2.9.4.1.	Método colorimétrico	41
2.9.4.2.	Análisis espectrofotométrico	41
2.9.4.3.	Estimación de la concentración y masa de NO ₂ recogida en cada captador.....	41
2.9.5.	Análisis de muestras de SO ₂	42
2.9.5.1.	Estandarización de tiosulfato.....	42
2.9.5.2.	Método colorimétrico	42
2.9.5.3.	Análisis espectrofotométrico	43
2.9.5.4.	Cálculo de la concentración y masa de SO ₂ recogida en cada captador.....	43
2.9.6.	Cálculo de la concentración ambiental de NO ₂ y SO ₂	43
2.9.7.	Corrección de la concentración ambiental de acuerdo a las condiciones de la localidad. 44	
2.10.	Aplicación de software.....	44
2.10.1.	Almacenamiento de información.....	44
2.10.2.	Análisis estadístico empleando el software SPSS.	45
2.10.3.	Mapa de concentración utilizando ArcMap.....	45
CAPITULO III.....		47
3. MARCO DE RESULTADOS, DISCUSIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS		47
3.1.	Concentración ambiental y corrección de acuerdo a las condiciones de la localidad.	47
3.1.1.	Variación de concentración durante el muestreo.....	49
3.1.1.1.	Dióxido de Nitrógeno	49
3.1.1.2.	Dióxido de Azufre	55
3.2.	Análisis de las concentraciones de NO ₂ y SO ₂ empleando ArcGIS.....	62
3.3.	Análisis estadístico.....	64
3.3.1.	Análisis de prevalencia.....	64
3.4.	Protocolo para direccionar la preservación y manejo de la calidad del aire.	65
CONCLUSIONES.....		67
RECOMENDACIONES.....		68

BIBLIOGRAFIA

ANEXOS

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

μg	Microgramo
$\mu\text{g}/\text{m}^3$	Microgramo por metro cubico
A	Área transversal del tubo cilíndrico (m^2)
b	Intersección de la recta en el eje de ordenadas
C	Concentración ambiente medida ($\mu\text{g}/\text{ml}$)
C_A	Concentración del analito en el tubo según la curva de calibración.
C_c	Concentración corregida ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
C_o	Concentración observada ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
CO	Monóxido de carbono
CO ₂	Dióxido de carbono
cm/s	Centímetro por segundo
CME	Concentración máxima de emisión
C_T	Concentración conocida de NO ₂ y SO ₂ en la disolución estándar.
D_{12}	Coefficiente de difusión molecular de NO ₂ y SO ₂ en el aire (m^2/s)
EDTA	Sal disódica dihidratada del ácido etilendiaminotetracético
g	Gramo.
H ₂ S	Ácido sulfhídrico / Sulfuro de hidrógeno
H ₂ SO ₄	Ácido sulfúrico
HCl	Ácido Clorhídrico
HF	Ácido Fluorhídrico
HNO ₃	Ácido Nítrico
$h\nu$	Energía
INAMHI	Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología
INEC	Instituto Nacional de Estadísticas y Censos
km/h	Kilómetro por hora
Kp/m ²	Kilopondio por metro cuadrado
Kt	Nudo
L	Longitud del tubo cilíndrico
m	Masa recogida por cada captador
M	Tercer cuerpo que interviene en la reacciones químicas

<i>m</i>	Pendiente de la recta
mb	Milibar
mg/m ³	Miligramo por metro cubico
mg / ml	Miligramo por mililitro..
m/s	Metros por segundo
mmhg	Milímetro de mercurio
ml	Mililitro
mm	Milímetro
m.s.n.m	Metros sobre el nivel del mar
m _T	Masa total en el tubo
N	Concentración normal o normalidad
NEDA	N-1 naftilendiamina
N ₂ O ₅	Óxido de nitrógeno
NH ₃	Amoniacó
nm	Nanómetro
NO	Monóxido de nitrógeno
NO ₂	Dióxido de nitrógeno
NO ₃ ⁻	Nitrato
O ₃	Ozono
OH	Grupo Hidroxilo
P	Presión
PRA	Hidrocloruro de pararosailina
ppm	Partes por millón
Qp	Estado químicamente puro de un compuesto
s	Segundo.
SO ₂	Dióxido de azufre
SO ₃	Trióxido de azufre
t°C	Temperatura local en grados centígrados.
t	Tiempo de exposición.
TCM	Tetracloro mercurato de sodio
TCT	Tasa de cambio de temperatura
UTM	sistema de coordenadas Universal Transversor Mercator
V	Volumen de reactivos de color vertidos en cada tubo.
V	Volumen de reactivos de color para la extracción.
V _s	Volumen total de la disolución estándar añadido.
V _x	Volumen total de la disolución en el tubo.

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO A. CURVA DE CALIBRACIÓN DE NO₂ Y SO₂.

ANEXO B DILUCIONES EMPLEADAS PARA LA OBTENCIÓN DE LAS CURVAS DE CALIBRACIÓN.

ANEXO C COLOCACIÓN DE MUESTREADORES; **ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.**

ANEXO D CAPTADORES PASIVOS DE NO₂ Y SO₂.

ANEXO E ANÁLISIS DE LABORATORIO DE LAS MUESTRAS DE NO₂ Y SO₂.

ÍNDICE DE ECUACIONES

(ECUACIÓN 2-1) FÓRMULA PARA CALCULAR LA MASA TOTAL DE LAS SOLUCIONES PATRÓN DE NO ₂	38
(ECUACIÓN 2-2) FÓRMULA PARA CALCULAR LA CONCENTRACIÓN DE LAS SOLUCIONES PATRÓN DE NO ₂ .	38
(ECUACIÓN 2-3) LA MASA TOTAL DE LAS SOLUCIONES PATRÓN DE SO ₂	40
(ECUACIÓN 2-4) FÓRMULA PARA CALCULAR LA CONCENTRACIÓN DE LAS SOLUCIONES PATRÓN DE SO ₂ ..	40
(ECUACIÓN 2-5) FÓRMULA DE LA ECUACIÓN DE LA RECTA	41
(ECUACIÓN 2-6) FÓRMULA PARA CALCULAR LA CONCENTRACIÓN DE LAS MUESTRAS DE NO ₂	42
(ECUACIÓN 2-7) FÓRMULA PARA CALCULAR LA MASA DE NO ₂	42
(ECUACIÓN 2-8) FÓRMULA PARA CALCULAR LA CONCENTRACIÓN DE LAS MUESTRAS DE SO ₂	43
(ECUACIÓN 2-9) FÓRMULA PARA CALCULAR LA CONCENTRACIÓN AMBIENTAL DE NO ₂ Y SO ₂	43
(ECUACIÓN 2-10) FÓRMULA PARA CORREGIR LA CONCENTRACIÓN AMBIENTAL	44

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 2-1 VÍA A LA COSTA, GUAYAQUIL	28
FIGURA 2-2 PUNTOS DE MONITOREO DE NO ₂ Y SO ₂ EN VÍA A LA COSTA DE LA CIUDAD DE GUAYAQUIL	30
FIGURA 3-1 MAPA DE CONCENTRACIONES DE NO ₂ EMPLEANDO ARCMAP.	62
FIGURA 3-2 MAPA DE CONCENTRACIONES DE SO ₂ EMPLEANDO ARCMAP.....	63

ÍNDICE DE GRÁFICOS

GRÁFICO 3-1 CONCENTRACIÓN MÁXIMA SEMANAL DE NO ₂ (μG/M ³)	49
GRÁFICO 3-2 CONCENTRACIÓN PROMEDIO SEMANAL DE NO ₂ (μG/M ³), SEMANA 1	50
GRÁFICO 3-3 CONCENTRACIÓN PROMEDIO SEMANAL DE NO ₂ (μG/M ³), SEMANA 2	51
GRÁFICO 3-4 CONCENTRACIÓN PROMEDIO SEMANAL DE NO ₂ (μG/M ³), SEMANA 3	51
GRÁFICO 3-5 CONCENTRACIÓN PROMEDIO SEMANAL DE NO ₂ (μG/M ³), SEMANA 4	52
GRÁFICO 3-6 CONCENTRACIÓN PROMEDIO SEMANAL DE NO ₂ (μG/M ³), SEMANA 5	53
GRÁFICO 3-7 CONCENTRACIÓN PROMEDIO SEMANAL DE NO ₂ (μG/M ³), SEMANA 6	53
GRÁFICO 3-9 CONCENTRACIÓN PROMEDIO SEMANAL DE NO ₂ (μG/M ³), SEMANA 8	55
GRÁFICO 3-10 CONCENTRACIÓN MÁXIMA SEMANAL DE SO ₂ (μG/M ³).....	56
GRÁFICO 3-11 CONCENTRACIÓN PROMEDIO SEMANAL DE SO ₂ (μG/M ³), SEMANA 1.....	56
GRÁFICO 3-12 CONCENTRACIÓN PROMEDIO SEMANAL DE SO ₂ (μG/M ³), SEMANA 2.....	57
GRÁFICO 3-13 CONCENTRACIÓN PROMEDIO SEMANAL DE SO ₂ (μG/M ³), SEMANA 3.....	58
GRÁFICO 3-14 CONCENTRACIÓN PROMEDIO SEMANAL DE SO ₂ (μG/M ³), SEMANA 4.....	58
GRÁFICO 3-15 CONCENTRACIÓN PROMEDIO SEMANAL DE SO ₂ (μG/M ³), SEMANA 5.....	59
GRÁFICO 3-16 CONCENTRACIÓN PROMEDIO SEMANAL DE NO ₂ (μG/M ³), SEMANA 6	60
GRÁFICO 3-17 CONCENTRACIÓN PROMEDIO SEMANAL DE SO ₂ (μG/M ³), SEMANA 7.....	60
GRÁFICO 3-18 CONCENTRACIÓN PROMEDIO SEMANAL DE SO ₂ (μG/M ³), SEMANA 8.....	61
GRÁFICO 3-19 PREVALENCIA DE LA CONCENTRACIÓN NO ₂	65
GRÁFICO 3-20 PREVALENCIA DE LA CONCENTRACIÓN SO ₂	65
GRÁFICO 21 CURVA DE CALIBRACIÓN DE NO ₂	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
GRÁFICO 22 CURVA DE CALIBRACIÓN DE SO ₂	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1-1 COMPOSICIÓN DEL AIRE NATURAL SECO	6
TABLA 1-2 CLASIFICACIÓN DE LOS CONTAMINANTES ATMOSFÉRICOS GASEOSOS.	10
TABLA 1-3 CLASIFICACIÓN DE PARTÍCULAS POLUTANTES	10
TABLA 1-4 CLASIFICACIÓN DE FUENTES EMISORAS.....	12
TABLA 1-6. METODOLOGÍAS PARA EL MUESTREO EN EL MONITOREO ATMOSFÉRICO.	21
TABLA 2-1 GEORREFERENCIACIÓN DE LOS PUNTOS DE MONITOREO DE NO ₂ Y SO ₂ EN VÍA A LA COSTA - GUAYAQUIL.....	29
TABLA 2-2 DATOS DE CONCENTRACIÓN Y ABSORBANCIA TRIPLICADA DEL ANÁLISIS DE LAS DISOLUCIONES PATRÓN DE NO ₂	39
TABLA 2-3 DATOS DE CONCENTRACIÓN Y ABSORBANCIA TRIPLICADA DEL ANÁLISIS DE LAS DISOLUCIONES PATRÓN DE SO ₂	40
TABLA 3-1 RESULTADOS OBTENIDOS PARA EL DIÓXIDO DE NITRÓGENO	47
TABLA 3-2 RESULTADOS OBTENIDOS PARA EL DIÓXIDO DE AZUFRE	48
TABLA 3-1 DATOS OBTENIDOS PARA GENERAR LA CURVA DE CALIBRACIÓN DEL DIÓXIDO DE NITRÓGENO	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
TABLA 3-2 DATOS OBTENIDOS PARA GENERAR LA CURVA DE CALIBRACIÓN DEL DIÓXIDO DE AZUFRE	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.

RESUMEN

La elevada afluencia vehicular existente en Guayaquil y el asentamiento de industrias que mediante sus procesos productivos generan combustión permitió desarrollar el estudio de SO₂ y NO₂ en la zona industrial de vía la Costa durante el período Noviembre 2016-Enero 2017 utilizando la metodología de muestreadores pasivos que consiste en colocar soluciones captadoras específicas para SO₂ y NO₂ de tetracloromercurato de sodio y trietanolamina respectivamente en tubos de vidrio colocados a 2,5 m de altura en 20,0 puntos seleccionados aleatoriamente desde Jardines del Salado hasta el km 26,0. Los análisis de las muestras permitieron calcular la concentración existente de los gases contaminantes obteniendo de este modo valores máximos en los puntos 13 y 14 para el NO₂ igual a 64,346 µg/m³ y 75,649 µg/m³ de igual manera para el SO₂ en los puntos 10 y 11 se registran valores de 30,389 µg/m³ y 36,013 µg/m³ que no sobrepasan el límite permitido por la Norma Ecuatoriana para Dióxido de nitrógeno igual a 200 µg/m³ en una hora y para Dióxido de azufre igual a 125 µg/m³ por día según el Acuerdo Ministerial 097A Libro VI Anexo 4 Calidad del aire resultados plasmados en mapas que a partir de la escala colorimétrica muestran la variación de concentración en el área de estudio. El análisis de datos permitió concluir la no existencia de correlación entre los parámetros meteorológicos otorgados por el Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI) y la concentración obtenida de los captadores pasivos por lo tanto no influyen en la prevalencia de los gases contaminantes en la zona cuya dispersión es no significativa y prevalencia en el tiempo casi constante por lo tanto las concentraciones obtenidas no sobrepasan el límite permitido. Se debe desarrollar un estudio de fuentes específicas (fijas o móviles) de emisión de Dióxidos de nitrógeno y azufre que faculte determinar la relación directa entre la concentración y la fuente de generación de contaminación atmosférica.

Palabras Claves: < BIOTECNOLOGÍA > < INGENIERÍA AMBIENTAL >
<CONTAMINANTES ATMOSFÉRICOS > < DIFUSIÓN GASEOSA >
<ESPECTROFOTOMETRÍA > <CALIDAD DEL AIRE >

ABSTRACT

The high traffic existing abundance in Guayaquil and the accession of industries that by means of his productive processes they generate combustion permit to develop the study of SO₂ and NO₂ in the industrial park of route to the coast during the period November 2016- January 2017 using the methodology of samplers liabilities that it consists of placing solutions catchers specific for SO₂ and NO₂ of tetrachloromercurato of sodium and trietanolamina respectively in glass pipes placed to 2.5m of height in 20.0 selected points a randomly from gardens of the salty one up to the km 26.0. The analyses of the samples allowed to calculate the concentration existing of the pollutant gases obtaining thus maximum values in points 13 and 14 for him NO₂ equally to 64,346 µg/m³ and 75,649 µg/m³ of equal way of for SO₂ in the points 10 and 11 register values of 30,389 µg/m³ and 36,013 µg/m³ that do not exceed the limit allowed by the Ecuadorian norm for the dioxide of equal nitrogen to 200 µg/m³ in an hour and for the dioxide of equal sulphur to 125 µg/m³ per day according to the ministerial agreement 097A book VI attached 4 quality of the air proved formed of maps that from the colorimetric scale show the variation of concentration in the area of study . The analisis of give you it allowed to conclude not existence of correlation between the meteorological parameters granted by the national institute of meteorology and hydrological (INAMHI) and the concentration obtained of the passive captors therefore they do not influence the pre-valency of the pollutant gases the zone which dispersion is not significant and the prevalence in the almost constant time therefore the obtained concentrations do not exceed the allowed limit. It is necessary to develop a study of specific sources (hinges or mobiles) of emission of dioxides of nitrogen and sulphur that it authorizes to determinate the direct relation between the concentration and the source of generation of air pollution.

Key words: < BIOTECHNOLOGY>, <ENVIRONMENTAL ENGINEERING>
<ATMOSPHERIC CONTAMINANTS> <GAS DIFFUSION> <SPECTROPHOTOMETRY >
<AIR QUALITY>

INTRODUCCIÓN

En Ecuador los problemas ambientales de calidad del aire constituyen un principio de interés en ciudades como Quito, Guayaquil y Cuenca donde se evidencia una concentración poblacional elevada, un desarrollo industrial y manufacturero en auge y un creciente aumento del campo automotor. De acuerdo al Anuario de Transporte del 2015 desarrollado por el (Instituto Nacional de Estadísticas y Censos 2015, p. 14) el número de vehículos matriculados entre los años 2014 y 2015 tuvo un crecimiento anual del 9,8%, evidenciándose mayor concentración de vehículos en las provincias de Pichincha, Guayas y Manabí.

La gestión de la calidad del aire en el país tiene como referente la ciudad de Quito, misma que tras la problemática de contaminación evidenciada en febrero de 2004, instauró la Corporación para el Mejoramiento del Aire de Quito (CORPAIRE) que se encarga de la operación de la Red Metropolitana de Monitoreo Atmosférico (REMMAQ), la revisión técnica vehicular y el desarrollo del Índice Quiteño de Calidad del Aire. La ciudad de Guayaquil no presenta actualmente una red de monitoreo permanente de la calidad del aire, dificultando establecer tendencias de deterioro de la calidad en forma precisa. En la ciudad de Cuenca el monitoreo de la calidad del recurso aire está a cargo de la Empresa de Telecomunicaciones, Agua Potable y Alcantarillado de Cuenca (ETAPA).(Ministerio del Ambiente 2010, p. 2)

Los problemas ambientales que afectan la calidad del aire son consecuencia de los procesos productivos y los mecanismos de supervivencia del ser humano, atribuyéndosele el 80% al sector del transporte y el 20% a las industrias, microempresas y hogar, tomar medidas como la siembra de árboles, el ahorro de energía, la disminución y control de emisiones constituyen medidas viables para mejorar la calidad de aire de las ciudades pobladas pero que difícilmente constituirá una solución de mejora en la salud de personas expuestas por demasiado tiempo a los contaminantes atmosféricos que puede desencadenar en problemas respiratorios y hepáticos.(Ramos 2007, p. 1)

Los complicaciones asociadas a la contaminación atmosférica por las actividades extractivas de petróleo e incineración de gas natural en la Amazonía, la generación de energía con plantas termoeléctricas, la minería metálica y las fumigaciones aéreas en territorio Ecuatoriano por parte del gobierno Colombiano constituyen las principales causas de cambio climático y vulnerabilidad en los ecosistemas regionales y locales.(Organizacion de Naciones Unidas 2008, p. 2)

Situación problemática

Vía a la Costa corresponde una carretera transitada por una gran cantidad de automotores de peso liviano y pesado durante la semana laboral y fines de semana, cantidad intensificada en fechas festivas y feriados Nacionales, donde propios y extraños abandonan y visitan la ciudad de Guayaquil, generando mayor confluencia vehicular en la carretera en mención.

Un sin número de actividades productivas se desarrollan a lo largo de la Vía a la Costa, en la cual constan empresas como: ELECTROQUIL.SA, HOLCIM.SA, Canteras, Empresas de elaboración de balanceados, cal, productos químicos y otras; que demandan el uso de chimeneas, canteras y la entrada y salida permanente de vehículos que movilizan sus insumos, materias primas y productos a los diversos puntos nacionales del país.

Dado el crecimiento poblacional que afronta la ciudad de Guayaquil, los pobladores se han expandido hacia la Vía a la Costa, razón por la cual a lo largo de la misma se han desarrollado y se encuentran desarrollando varios proyectos habitacionales, lo cual atrae el desarrollo de actividades comerciales y educativas que se han visto marcadas durante los últimos años.

El exceso de vehículos y la localización de varias industrias en la zona generan problemas que perjudican la calidad del aire en el sector y por ende la calidad de vida de las pobladores y del personal que labora en las industrias, es por tanto necesario desarrollar un estudio de la presencia de SO₂ y NO₂ en la zona en mención dado que constituye un punto clave de quemado de combustibles fósiles, que son emitidos a la atmósfera por los automóviles, chimeneas, incineradores, entre otros, provenientes de las actividades descritas, fuente primaria de la generación de los contaminantes citados.

JUSTIFICACIÓN

La importancia ambiental que involucra la presencia de SO₂ y NO₂ en los daños atmosféricos es actualmente de gran interés dado el continuo crecimiento poblacional, del campo automotor y las actividades industriales las cuales a través de sus procesos emiten a la atmósfera gases contaminantes que afectan la calidad del aire y la salud humana.

La emisión de NO₂ al ser un gas tóxico, relativamente insoluble en agua, provoca efectos perjudiciales en la salud, específicamente en el sistema respiratorio, dado puede inhalarse en grandes cantidades y penetrar las vías respiratorias inferiores del pulmón afectando este sistema. Se ha comprobado que el NO₂ es cuatro veces más tóxico que el monóxido de nitrógeno; presenta

toxicidad cruzada con el ozono y de ahí su importancia toxicológica al formar nitritos de peracilo. (Zapata, Quijano, Rubiano, Londoño, & Molina, 2007).

El SO₂ es un gas de color acre, soluble en agua, reactivo e irritante para el sistema respiratorio y puede conducir con una exposición de larga duración, al incremento de enfermedades de las vías respiratorias como bronquitis. En períodos cortos de exposición puede producir cambios en la función pulmonar en asmáticos. (Zapata, Quijano, Rubiano, Londoño, & Molina, 2007).

Los efectos en la salud humana debido a la asimilación de SO₂ y NO₂ en los poblados colindantes a zonas industriales y fuentes potenciales de emisión de los gases descritos, requieren ser estudiadas y analizadas a profundidad a fin de establecer medidas que minimicen la presencia de los mismos y de ser posible las atenúen en su totalidad.

La realización de esta investigación justifica ampliamente el interés por asegurar la calidad de vida y mejorar el entorno de los seres humanos en la zona de estudio mediante la obtención de datos significativos y reales de la emisión de NO₂ y SO₂, empleando una técnica confiable y económica denominada Muestreadores o Indicadores pasivos colocados en puntos estratégicos de Vía a la Costa mediante su cuantificación posterior por espectrofotometría.

Un análisis y estudio de la calidad de aire beneficia a la población directa e indirecta en la que se desarrolla la investigación, a las personas vinculadas en investigaciones atmosféricas y ambientales y nuestros gobernantes los cuales tienen en sus manos aplicar medidas, normas y leyes de prevención y control de emisiones de NO₂ y SO₂.

ANTECEDENTES

En el año 2008 una investigación realizada por la Universidad Nacional de Colombia en convenio con el área metropolitana del Valle de Aburrá empleó muestreadores pasivos a fin de determinar zonas críticas y evaluar la tendencia de contaminación atmosférica en 15 vías principales durante una año a fin de establecer la concentración de dióxido de azufre, dióxido de nitrógeno, ozono, compuestos orgánicos volátiles y tasa de sedimentación empleando para esta ultima el análisis por solidos totales, los resultados obtenidos en cuanto a concentración de dióxido de azufre y

nitrógeno en 12 estaciones superó el valor guía de la OMS al igual que en 9 estaciones para benceno.(Zapata, Quijano, Molina, Rubiano, & Londoño, 2008, p. 1)

En 2009 se desarrolla por tres estudiantes de la Universidad de Antioquia en el cual realizan un análisis comparativo entre el análisis espectrofotométrico y la cromatografía infrarroja desarrollando un muestreo en dos etapas, la primera durante 3 meses y la segunda cada 2, 5 y 7 días empleando muestreadores pasivos en una zona urbano-industrial de Medellín donde concluyeron que la cromatografía infrarroja posee un límite de detección más bajo que la espectrofotométrica y además resaltan técnicas para la cuantificación, ventajas y desventajas de emplear muestreadores pasivos. (Torres, Montoya, & Castaño, 2009, p. 2)

En 2011 se desarrolló en Costa Rica un estudio titulado "Evaluación de un sistema de muestreo pasivo de CPVC para dióxido de nitrógeno en el aire " donde se construyeron tubos de difusión pasiva de poli(cloruro de vinilo) clorado (CPVC) para determinar la concentración de NO₂ en el aire comparando su eficiencia con el método modificado de Griess-Saltzman, recomendado por la Organización Mundial de la Salud, mostrando una buena concordancia entre ambas metodologías con respecto a las concentraciones de NO₂, los resultados indicaron además que la precisión del sistema pasivo, medida en cuatro tubos por medio del coeficiente de variación, estuvo en el ámbito de 5,2% a 10,6%, y es similar a la reportada por otros autores. (Bolaños & Jimenez, 2011, p. 2)

El artículo científico titulado "Uso de muestreadores pasivos para la determinación de dióxido de nitrógeno en dos municipios del área metropolitana de Costa Rica en 2004-2013" evaluó el desempeño de los dispositivos pasivos para la determinación de dióxido de nitrógeno en 25 puntos de los cantones de San José y Belén, estableciendo en al menos 5 sitios de San José y 4 de Belén, concentraciones mayores a 40 ug/m³ recomendado por la O.M.S, debido a la elevada afluencia vehicular además se registra un incremento del 11 al 13% en comparación a años anteriores.(Herrera et al., 2014, p. 3)

En nuestro país existen estudios acerca de la presencia de contaminantes atmosféricos desarrollado por estudiantes politécnicas, como el ejecutado en el año 2009 por Laura Cocha titulado " Análisis de la concentración de contaminantes SO₂, NO₂ y BTX usando sensores pasivos" donde busca dar a conocer el grado de contaminación del aire en seis puntos estratégicos

de la ciudad de Riobamba desarrollando muestreo desde febrero del 2008 – Abril 2009 empleando un método experimental y la técnica pasiva de monitoreo de la calidad del aire cuyos resultados no superaron los límites permisibles de la Norma Ecuatoriana ni las Guías de Calidad del aire de la OMS a excepción del benceno que supera los límites permisibles de la Norma Europea. (Cocha, 2009, p. 108)

En 2014, desarrolla Cristina Cifuentes estudiante de la EPE la Validación del método para medir gases contaminantes (SO_2 , NO_2 y O_3) mediante captadores pasivos, incluyendo un análisis microbiológico de la calidad del aire, en una fábrica industrial donde se busca cuantificar la concentración empleando técnicas analíticas que aseguren confiabilidad en los resultados. El monitoreo de los gases contaminantes se desarrolló cerca de la estación Centro de la Secretaría del ambiente para determinar el parámetro de exactitud de la validación el cual cumplió con los objetivos de validación. El análisis espectrofotométrico se desarrolló empleando diferentes longitudes de onda donde se obtuvo concentraciones de los tres gases por debajo de los límites permisibles al igual de la cantidad de microorganismos. (Cifuentes, 2014, p. 1)

OBJETIVOS

Objetivo General

Evaluar el SO_2 y NO_2 empleando muestreo pasivo en la zona industrial de Vía a la Costa – Guayaquil durante el período Octubre 2016 –Enero del 2017.

Objetivos Específicos

- Determinar el grado de contaminación producida por SO_2 y NO_2 desde Jardines hasta el km 26 perteneciente a Vía a la Costa Guayaquil.
- Establecer la correlación existente entre los parámetros meteorológicos, la dispersión y la prevalencia en el tiempo de los gases contaminantes en estudio.
- Diseñar un protocolo para direccionar la preservación y manejo de la calidad del aire de la zona de estudio.

CAPÍTULO I

1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

1.1. Atmósfera

La atmósfera constituye la capa gaseosa que cubre la superficie terrestre y la protege del ambiente hostil externo, su concentración varía con la altitud y latitud cuya presencia mayoritaria corresponde a nitrógeno y oxígeno gas, presenta además concentraciones minoritarias de argón, dióxido de carbono y vapor de agua. La composición del aire natural seco manifestado en porcentaje de volumen corresponde al descrito en la Tabla 1-1. (Contreras y Molero 2012, p. 59)

Tabla 1-1 Composición del aire natural seco

Sustancia	% Volumen	Sustancia	% Volumen
Nitrógeno	78,08	Óxido nitroso	$2,5 \cdot 10^{-5}$
Oxígeno	20,95	Dióxido de nitrógeno	$\sim 10^{-5}$
Argón	$9,34 \cdot 10^{-1}$	Monóxido de carbono	$\sim 10^{-5}$
Dióxido de carbono	$3,14 \cdot 10^{-2}$	Xenón	$8,7 \cdot 10^{-6}$
Neón	$1,82 \cdot 10^{-3}$	Amoníaco	$\sim 10^{-6}$
Helio	$5,24 \cdot 10^{-4}$	Dióxido de azufre	$\sim 2 \cdot 10^{-6}$
Metano	$2,00 \cdot 10^{-4}$	Ozono	Trazas
Kriptón	$1,14 \cdot 10^{-4}$	Iodo	Trazas
Hidrógeno	$5,00 \cdot 10^{-5}$	Otros hidrocarburos	Trazas

Fuente: (Contreras y Molero 2012, p. 60)

1.1.1. Funciones de la atmósfera

Las funciones que se le atribuyen a la atmósfera de manera permanente son imprescindibles para el desarrollo de la vida en la Tierra.

1.1.1.1. Filtración de los rayos solares

La energía emitida por el sol en forma de radiación es filtrada por distintas capas de la atmósfera a fin de preservar la vida en la superficie terrestre mediante algunos gases de los que se encuentra compuesta la misma, los cuales absorben e impiden continúen su recorrido al suelo evitando los efectos perjudiciales en los seres vivos. (Gallego et al. 2012)

1.1.1.2. Mantenimiento y distribución de la temperatura

La Tierra cuenta con una temperatura promedio de 16 °C no constante debido al ángulo de incidencia de los rayos solares y la inclinación del eje de giro, esta temperatura es mantenida debido a la presencia de los gases de efecto invernadero. La presencia de la atmósfera redistribuye además la circulación del calor procedente del sol, el cual es mayor en el Ecuador y disminuye a medida que nos acercamos a los polos. (Gallego et al. 2012)

1.1.1.3. Autodepuración

El constante movimiento de la tropósfera faculta el equilibrio de las concentraciones de todos los gases manteniendo una proporción de estos adecuada para el desarrollo de la vida y también debido a la presencia de los radicales –OH responsables de la degradación de contaminantes orgánicos e inorgánicos que permite la autodepuración de compuestos con cierta reactividad. (Gallego et al. 2012)

1.1.2. Capas de la atmósfera

La atmósfera es una capa relativamente delgada con un grosor aproximado de 100 km no uniforme debido a la características que presenta la superficie terrestre, se encuentra estratificada de acuerdo a la relación temperatura/densidad en varias regiones o zonas. (Cabildo et al. 2013, p. 352)

1.1.2.1. Tropósfera

Capa más cercana a la corteza terrestre, donde se desarrolla la vida, presenta una altura a nivel del mar entre los 10 y 16 kilómetros, presentan uniformidad en la composición gaseosa debido al movimiento de las masas de aire. La temperatura disminuye con la altura, alcanzando $-56\text{ }^{\circ}\text{C}$ en el límite superior a partir del nivel del mar debido al contacto próximo con la superficie terrestre. (Cabildo et al. 2013, p. 353)

1.1.2.2. Estratósfera

Capa situada sobre los 50 km de la superficie terrestre, su temperatura máxima equivale a $-2\text{ }^{\circ}\text{C}$, mayor a la tropósfera debido a la presencia de ozono el cual absorbe las radiaciones ultravioletas, presenta un 19% del total de los gases de la atmosfera. (Cabildo et al. 2013, p. 353)

1.1.2.3. Mesósfera

Se extiende entre los kilómetros 50 y 85, sin presencia de especies que absorban las radiaciones existentes en la capa, la temperatura disminuye de nuevo hasta unos $-92\text{ }^{\circ}\text{C}$ debido a la disminución de la concentración de ozono y de la disminución de las reacciones. (Cabildo et al. 2013, p. 353)

1.1.2.4. Termósfera o Ionósfera

Se desarrolla a partir de los 85 a 500 km, la temperatura aumenta y puede llegar hasta unos $1200\text{ }^{\circ}\text{C}$ debido a la presencia de especies que absorben radiaciones con valores energéticos elevados cuya longitud de onda es inferior a 200nm. Posee propiedades de reflexión de ondas de radio que favorece la comunicación. (Cabildo et al. 2013, p. 353)

1.1.2.5. Exósfera

Capa límite exterior de la atmósfera de 500 a 800 km, da lugar al intercambio de masa con el exterior debido a la captura de las partículas del espacio exterior por la gravitación terrestre,

presenta baja densidad y sirve como zona de transición hacia una zona sin presencia de gases ni gravedad. (Contreras y Molero 2012, p. 62)

1.2. Contaminación atmosférica

Presencia en la atmósfera de sustancias no deseables resultantes de la actividad antropogénica o de procesos naturales que en concentraciones tales afectan significativamente el confort, la salud, y bienestar de los hombres, los animales, las plantas y los bienes. (Contreras y Molero 2012, p. 67)

1.2.1. Contaminantes atmosféricos

Los contaminantes atmosféricos pueden ser clasificados tomando en cuenta diversos ámbitos, se destacan así:

1.2.1.1. En función a su origen son:

- **Natural:** Originada por incendios forestales, erupciones volcánicas, tormentas y procesos biológicos.
- **Antropogénica:** Provocada por emisiones a la atmosfera por parte de la industria, procesos de combustión vehicular, entre otros.(Consejería de Medio Ambiente 2013, p. 1)

1.2.1.2. De acuerdo a la evolución en la atmósfera existe:

- **Contaminantes primarios:** Contaminantes procedentes de la fuente directa de emisión.
- **Contaminantes secundarios:** Compuestos originados en la atmósfera por reacciones químicas entre los contaminantes primarios originados en mayor parte por fuentes antropogénicas y los principales oxidantes atmosféricos con intervención de la radiación solar. (Ministerio de Agricultura 2013, p. 9)

Tabla 1-2 Clasificación de los contaminantes atmosféricos gaseosos.

Tipo	Contaminante primario	Contaminante secundario
Compuesto de azufre	SO ₂ , H ₂ S	SO ₃ , H ₂ SO ₄
Compuesto de nitrógeno	NO, NH ₃	NO ₂ , NO ₃ , O ₃
Compuesto de carbono	Compuestos C1 – C7	Aldehídos, cetonas, ácidos
Óxidos de carbono	CO, CO ₂	Ninguno
Compuesto de los halógenos	HF, HCl	Ninguno

Fuente: (Consejería de Medio Ambiente 2013, p. 1)

1.2.1.3. De acuerdo a su estructura, encontramos:

- Material particulado

Son los contaminantes atmosféricos más complejos debido a que engloban sustancias sólidas y líquidas procedentes de diversas fuentes, destacando las siguientes:

Tabla 1-3 Clasificación de material particulado

Partículas	Descripción
Polvos	Partículas con diámetro comprendido entre 1 y 100 micras que se depositan por efecto de la gravedad con velocidad de sedimentación aproximada en el aire de 45 cm/s, producidas por desintegración mecánica.
Nieblas	Suspensión de pequeñas gotas líquidas formadas por la condensación de vapor o atomización, constituidas por partículas de diámetro superior a 10 micrones y concentraciones bajas.
Humos	Presentan un diámetro menor de 1 micra que impide su sedimentación y facilita la formación de suspensiones mecánicamente estables denominadas materia en suspensión, generadas por procesos de combustión.
Aerosoles	Mezcla de partículas sólidas y líquidas suspendidas en un gas.

PM ₁₀	Partículas gruesas de diámetro igual a 10 micrómetros en cuya estructura forman parte los nitratos, generados por procesos mecánicos o de evaporación mineral, local, partículas biológicas y partículas primarias derivadas de procesos industriales o del tráfico. Permanecen en el aire durante minutos u horas.
PM _{2,5}	Partículas finas de diámetro igual a 2,5 micrómetros cuya composición es tóxica debido a la presencia de nitratos y sulfatos, aerosoles orgánicos secundarios e hidrocarburos aromáticos policíclicos, generadas por procesos industriales de molienda y pulverización. Pueden mantenerse suspendidas durante días o semanas.

Fuente: (Ministerio de Agricultura 2013, p. 7)

- Gases

Constituyen una amplia gama de sustancias en forma de gas provenientes de diversa naturaleza con comportamientos y dinámicas químicas diferentes (Ministerio de Agricultura 2013, p. 7), pueden clasificarse de la siguiente manera:

- Compuestos orgánicos
- Compuestos del azufre
- Compuestos del nitrógeno
- Compuestos del carbono
- Compuestos de los halógenos (Alatorre y Llanos 2014, p. 5)

1.2.2. Fuentes de emisiones atmosféricas

Las principales fuentes de emisión de contaminantes atmosféricos pueden ser clasificadas de acuerdo a sus características en:

1.2.2.1. Fuentes fijas

Fuentes que generan emisiones por quema de combustibles producto de actividades industriales y residenciales cuya finalidad es la producción de energía, calor o vapor y otros procesos industriales incluidas las emisiones originadas por la quema de biomasa. (Ministerio de Ambiente de Chile 2011, p. 60)

1.2.2.2. Fuentes fugitivas

Emisiones que no son canalizadas por ductos, chimeneas u otros sistemas hacia el exterior originadas por la pavimentación y no pavimentación de calles, construcción, demolición y naturalmente por la generación de material suspendido de tierra o roca por acción del viento, cuya tasa de emisión está limitada por los parámetros meteorológicos. (Ministerio de Ambiente de Chile 2011, p. 60)

1.2.2.3. Fuentes móviles

Son aquellas que generan emisiones provenientes de los tubos de escape, desgaste de frenos y neumáticos provenientes del uso de los diversos tipos de transporte como automóviles, camiones, buses y motocicletas. (Ministerio de Ambiente de Chile 2011, p. 60)

Tabla 1-4 Clasificación de fuentes emisoras

Tipo	Contaminantes	Subtipo	Actividades generadoras
Fuentes fijas	PM ₁₀ , PM _{2,5} , SO _x y NO _x	Residenciales	Calefacción residencial, quemas agrícolas e incendios forestales.
		Industriales	Generación eléctrica, procesos industriales en calderas generadoras de vapor y hornos industriales, otros procesos industriales.
Fuentes fugitivas	PM ₁₀ , PM _{2,5}	Polvo resuspendido	Construcción de edificios Calles con y sin pavimento Erosión eólica.
Fuentes móviles	PM ₁₀ , PM _{2,5} , SO _x , NO ₂ y COV.	En ruta	Buses, camiones, vehículos particulares, vehículos comerciales, taxis y motocicletas.

		Fuera de ruta	Maquinaria de construcción o agrícola, operación de puertos y aeropuertos.
--	--	---------------	--

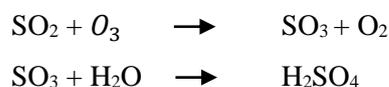
Fuente: (Ministerio de Ambiente de Chile 2011, p. 61)

1.3. Óxidos de azufre

Importantes contaminantes del aire constituyen los compuestos derivados del azufre cuyos oxidantes dominantes en la atmósfera constituyen el dióxido y trióxido de azufre, los cuales son generados naturalmente por oxidación del ácido sulfhídrico debido a la acción de bacterias quimiosintéticas de la siguiente manera (Ortega 2014, p. 7):



Antrópicamente se generan por combustión de combustibles constituidos por azufre los cuales al reaccionar con agua da lugar a la presencia de ácido sulfúrico, contaminante generador de la lluvia ácido el cual genera acidificación de aguas y suelos. (Ortega 2014, p. 7)



Los óxidos de azufre acompañado de partículas en suspensión como el hollín en condiciones de humedad y frío genera el smog sulfuroso, además de reaccionar con materiales calizos produciendo detrimentos a infraestructuras. (Ortega 2014, p. 7)

1.3.1. Dióxido de Azufre

Gas incoloro de olor penetrante generado por la combustión de combustibles fósiles constituidos por azufre los cuales mediante la actividad de catalizadores y factores como la temperatura, humedad, intensidad de la luz, transporte atmosférico y las características superficiales, permite se oxide. Su emisión se debe a la producción de calefacción doméstica, generación de electricidad y movilización de vehículos a motor. (Organización Mundial de la Salud 2016)

El 67% de las emisiones provienen de las generadoras de energía y el 18% del sector industrial, donde las emisiones mundiales de SO₂ del sector transporte se estima en 2% y 6%. (University College London y Andes 2013, p. 10)

El dióxido de azufre reacciona con los oxidantes producidos fotoquímicamente para formar aerosoles de sulfato cuya prevalencia en la atmósfera genera un efecto de enfriamiento climático, se lo relaciona netamente con el aumento de partículas de aerosol que dificulta la visibilidad particularmente sulfato de amonio y bisulfito de amonio.(Grupo Consultivos de Expertos 2013, p. 8)

1.3.1.1. Normativa

- La Organización Mundial de la Salud determinó los límites permisibles para el SO₂ entre 20 µg/m³ para un lapso de 24 horas y de 500 µg/m³ en períodos promedio de 10 minutos.(Organización Mundial de la Salud 2016)
- El Acuerdo Ministerial 097A Libro VI Anexo 4 Calidad del aire que norma la Calidad del Aire Ambiente o Nivel de Inmisión, establece una concentración de SO₂ de 125 µg/m³ en un lapso de 24 horas, de 500 µg/m³ para un periodo de 10 minutos y de 60 µg/m³ para el promedio aritmético de un año.

1.3.1.2. Efectos contaminantes del Dióxido de Azufre

El SO₂ produce afecciones al sistema respiratorio y las funciones pulmonares, marcadas por tos, secreción mucosa que puede conducir a un agravamiento de asma y bronquitis crónica. Mientras mayor sea la concentración de dióxido de azufre mayor es la propensión adquirir infecciones cardiopáticas y mortales generalmente cuando se alcanzan niveles elevados del gas.(Organización Mundial de la Salud 2016)

Los efectos empeoran cuando existe la combinación de dióxido de azufre con partículas o con la humedad del aire debido a que da lugar a la lluvia ácida generando destrucción de ecosistemas , de vida silvestre, clorosis, blanqueo o coloración amarillenta a las partes verdes de las hojas y acidificación de las aguas superficiales.(Registro Estatal de Emisiones y Fuentes Contaminantes 2013)

1.3.1.3. Análisis de SO₂

Existen varios métodos de análisis que pueden ser empleados para establecer la presencia de SO₂ en aire, de los cuales se tiene:

- Método colorimétrico de química húmeda de west and gaeke o de pararosanilina, que

involucra un análisis espectrofotométrico (Fluorescencia pulsante).(Instituto Nacional de Ecología 2017, p. 25)

- Método del carbonato de sodio donde el SO_2 es quimioabsorbido por un filtro que posee carbonato potásico y glicerina, donde se oxida a iones sulfato y sulfito para su posterior análisis por cromatografía iónica. (Gallego et al. 2012)
- Método cuya captación consiste en una mezcla de trietanolamina/ glicol, donde el SO_2 queda quimioadsorbido en la trietanolamina como iones sulfito y sulfato, requiere un análisis de cromatografía iónica.(Gallego et al. 2012)
- Fluorescencia por pulsos de luz ultravioleta (Método equivalente al EPA No.EQSA-0486-060)(Secretaría de Ambiente 2015, p. 19)

1.4. Óxidos de nitrógeno

Gases constituidos por nitrógeno y oxígeno con facilidad de combinarse, son liberados a través de las combustiones que liberan óxido nítrico el cual reacciona y se convierte fácilmente en dióxido de nitrógeno.(Alatorre y Llanos 2014, p. 41)

Los óxidos de nitrógeno son promotores del smog fotoquímico y conjuntamente con el dióxido de azufre producen la lluvia acida, con radicales libres permite la formación de ozono troposférico y en la atmósfera reacciona con el monóxido de cloro dando lugar a la presencia de átomos de cloro que destruyen la capa de ozono. El 55% de las emisiones en un sector urbano corresponden al sector de transporte y el 22% a la generación energética. (University College London y Andes 2013, p. 10)

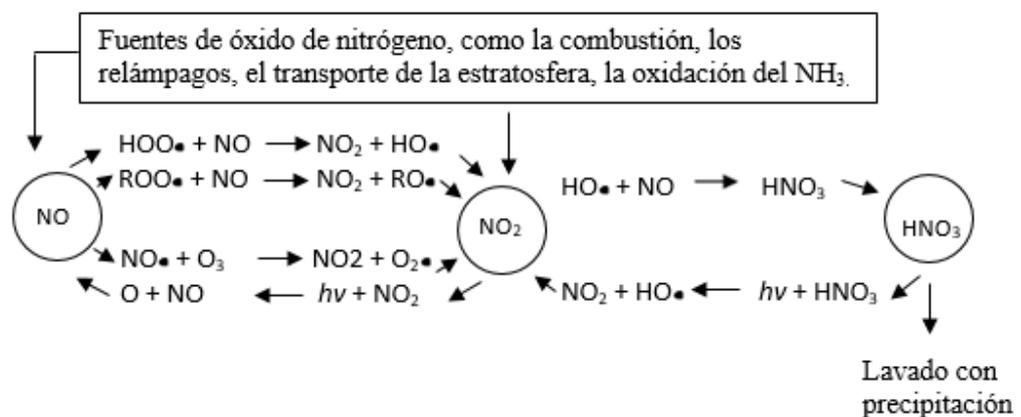


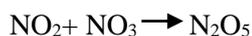
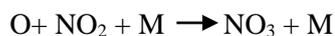
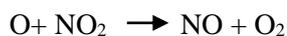
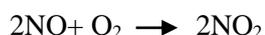
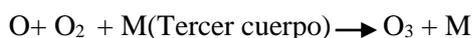
Figura1: Principales reacciones entre NO , NO_2 y HNO_3 en la atmósfera.

Fuente: (Manahan 2006, p. 416)

1.4.1. Dióxido de nitrógeno

Contaminante atmosférico peligroso debido a sus características tóxicas, irritantes y corrosivas, cuya fuente de emisión principal constituye la combustión de hidrocarburos y la fabricación de fertilizantes, difícil de controlar debido a que el aire que ingresa en los automotores está formado por 78% de nitrógeno.(Ortega 2014, p. 7)

Experimenta una serie de reacciones fotoquímicas secundarias:



La química atmosférica de los óxidos de nitrógeno es muy compleja. La mayoría de las combustiones producen monóxido de nitrógeno (NO) que, por procesos de oxidación da lugar al dióxido de nitrógeno (NO₂). (Ministerio de Agricultura 2013, p. 10) El ácido nítrico generado es eliminado mediante precipitación generando lluvia ácida, corrosión de metales y rocas, acidificación y eutrofización de suelos y aguas. (Ortega 2014, p. 7)

1.4.1.1. Normativa

- La Organización Mundial de la Salud determinó los límites permisibles para el NO₂ entre 40 µg/m³ de media anual y de 200 µg/m³ en períodos promedio de una hora. (Organización Mundial de

la Salud 2016)

- El Acuerdo Ministerial 097A Libro VI Anexo 4 Calidad del aire que norma la Calidad del Aire Ambiente o Nivel de Inmisión, establece una concentración de NO₂ de 200 µg/m³ en un lapso de una hora, de 150 µg/m³ para un periodo de 24 horas y de 40 µg/m³ para el promedio aritmético de un año.

1.4.1.2. Efectos contaminantes del Dióxido de Nitrógeno

La interacción con el contaminante en mención puede generar efectos muy perjudiciales a la salud humana, desde bronquitis en niños asmáticos tras exposiciones prolongadas hasta disminución del desarrollo de la actividad pulmonar en ciudades que sobrepasan los límites permisibles.(Organización Mundial de la Salud 2016). Una exposición a bajos niveles genera irritación de ojos, nariz, garganta, tos, cansancio, náuseas e incluso acumulación de líquido en los pulmones después de uno o dos días de exposición.(Agencia para sustancias tóxicas y registro de enfermedades 2016)

1.4.1.3. Análisis de NO₂

Existen varios métodos de análisis que pueden ser empleados para establecer la presencia de Dióxido de Nitrógeno en aire, de los cuales se tiene:

- Método de quimioluminiscencia en fase acuosa.(Instituto Nacional de Ecología 2017, p. 25)
- Método cuya captación consiste en impregnar un filtro con trietanolamina, yoduro sódico e hidróxido sódico, donde queda quimioadsorbido en forma de nitritos, el mismo que es extraído mediante agua desionizada y su posterior análisis por cromatografía iónica.(Gallego et al. 2012)

1.5. Análisis de las emisiones

1.5.1. Emisión

Distribución de materiales en la atmósfera por uno o varios focos localizados o difusos denominada emisión primaria la cual a través de las transformaciones químicas que sufre genera

la designada emisión secundaria, que dependen de los factores meteorológicos y específicos de los contaminantes.(Muñoz y Grau 2013)

1.5.1.1. Emisión de las combustiones fijas

Los productos de mayor relevancia dentro del análisis de combustiones fijas corresponden a los óxidos de carbono, humo, óxidos de azufre y nitrógeno.

1.5.1.2. Emisión de las transportes

Los vehículos a motor que emplean hidrocarburos como combustible, corresponden una fuente primordial de emisión de dióxido de carbono, monóxido de carbono, hidrocarburos poli aromáticos, hidrocarburos ligeros, aldehídos, óxidos de nitrógeno, plomo y partículas en suspensión. (Muñoz y Grau 2013)

1.5.1.3. Emisiones industriales

Aplicado a instituciones que comprenden procesos complejos dentro de su actividad productiva con la finalidad de producir bienes o servicios a partir de procesos de combustión que generan la emisión de óxidos de nitrógeno, óxidos de azufre, humos y otras sustancias implicadas en la actividad. (Muñoz y Grau 2013)

1.6. Muestreo atmosférico

Proceso que consiste en la toma de muestras significativas de aire en puntos de interés por el investigador empleando metodologías y técnicas específicas para muestrear, analizar y procesar la concentración en la que se presenta cada uno de ellos en un tiempo determinado.(Martínez y Romieu 2010, p. 25)

1.6.1. Importancia

La aplicación de procedimientos de muestreo atmosférico permite:

- Establecer y formular estándares de la calidad del aire
- Promover estudios epidemiológicos que relacionen los efectos de la concentración de los contaminantes con los efectos generados sobre la salud.
- Determinar tipos y fuentes de emisión de contaminantes del aire.
- Implantar estrategias de control.
- Desarrollar programas para el manejo, control y prevención de la contaminación atmosférica. (Martínez y Romieu 2010, p. 25)

1.6.2. Tipos de Muestreo

Los muestreos aplicados para el análisis de la concentración de los contaminantes en el medio son variados y se los emplea en función a lo que se desee analizar.

1.6.2.1. Muestreo a caudal constante

Muestreo en el cual se fija un caudal de muestreo a partir de conocer el tipo de contaminante, su concentración, el tipo de emisión al que pertenece y el tiempo de muestreo. (Fernández 2016, p. 75)

1.6.2.2. Muestreo proporcional

Consiste en la toma de una muestra de proporción fija durante el tiempo de desarrollo del muestreo para analizar las características de la emisión de gases y emisiones no constantes. (Fernández 2016, p. 75)

1.6.2.3. Muestreo puntual

Proceso repetitivo de toma de una muestra individual durante un lapso de tiempo corto a fin de establecer variaciones de concentración a lo largo del conducto de emisión. (Fernández 2016, p. 75)

1.6.2.4. Muestreo de partículas

Se desarrolla en condiciones isocinéticas, donde la velocidad en la boquilla de aspiración sea la misma de los gases emitidos por la chimenea en el punto de muestreo. (Fernández 2016, p. 75)

1.6.3. Técnicas de muestreo

1.6.3.1. Muestreo pasivo

Técnica de muestreo basada en el principio de difusión y permeación de los gases, donde las moléculas que desean ser analizadas presentes en el aire son captadas mediante el reactivo presente en el interior del captador, se emplean exclusivamente para gases que se desee conocer concentraciones promediadas en un lapso de tiempo prolongado. (Baraza, Castejón y Guardino 2016)

Una vez colectadas las muestras deben ser llevadas al laboratorio, donde tendrá lugar su desorción para ser analizado cuantitativamente, los equipos que se emplean son conocidos como muestreadores pasivos con formas y tamaños variados generalmente tubos o discos. (Instituto Nacional de Ecología 2017, p. 17)

1.6.3.2. Muestreo activo

Emplea equipos que requieren energía eléctrica para bombear el aire de interés mediante un colector físico o químico, permite obtener mediciones diarias promedio debido a la sensibilidad elevada tras el análisis del volumen adicional de aire, se clasifican en burbujeadores (gases) e impactadores (partículas). (Instituto Nacional de Ecología 2017, p. 18)

1.6.3.3. Analizadores o monitores automáticos

Procedimiento que proporciona mediciones de forma continua, automática y en tiempo real para analizar contaminantes criterio y tóxicos, se clasifican en analizadores automáticos que analizan gases contaminantes y monitores de partículas, facultan la detección de valores máximos de concentración de contaminantes y situaciones de alerta que requieren la implementación de medidas de contingencia. (Instituto Nacional de Ecología 2017, p. 18)

1.6.3.4. Sensores remotos

Basados en técnicas espectroscópicas que transmiten un haz de luz a la atmósfera a determinada longitud de onda para medir la energía absorbida que facultan obtener mediciones integradas de multicomponentes a lo largo de una trayectoria en tiempo real de los contaminantes favoreciendo de esta manera la obtención de mapas tridimensionales de las concentraciones dentro de un área específica en un lapso de tiempo. (Instituto Nacional de Ecología 2017, p. 19)

1.6.3.5. Bioindicadores

Implica el uso de especies vegetales como árboles y plantas que actúan como receptores de contaminantes para monitorear la calidad del aire, mediante el aprovechamiento de la capacidad acumuladora de contaminantes en los tejidos de la planta, estimación de los efectos de los contaminantes en la información genética, apariencia de la planta y el empleo específico de plantas como indicadores de calidad del aire. (Instituto Nacional de Ecología 2017, p. 17)

Tabla 1-5. Metodologías para el muestreo en el monitoreo atmosférico.

Metodología	Ventajas	Desventajas
Muestreo Pasivo	Bajo costo Simplicidad de operación No requieren energía	No probado para todos los contaminantes. Proveen promedios

	eléctrica	semanales y mensuales. No tienen exactitud Requieren análisis de laboratorio
Muestreo Activo	Bajo costo Fáciles de operar. Confiables en operación y funcionamiento. Historia de bases de datos	No proporcionan valores mínimos y máximos, solo promedios. Trabajo intensivo Requieren análisis de laboratorio
Monitoreos automáticos	Proporcionan valores mínimos y máximos Alta resolución Establece situaciones de alerta. Información en tiempo real	Operación compleja Costo elevado de adquisición Requiere técnicos calificados Mantenimiento y calibración constantes.
Sensores Remotos	Valores en tiempo real Alta resolución. Útiles cerca de fuentes y para mediciones verticales en la atmosfera. Mediciones de multicomponentes	Muy complejos y costosos. Difíciles de operar, calibrar y validar. No son siempre comparables con los analizadores convencionales.
Bioindicadores	Baratos. Útiles para identificar la presencia de algunos contaminantes.	Problemas de estandarización de sus metodologías Algunos requieren análisis de laboratorio.

Fuente: Cueva, P basada en (Instituto Nacional de Ecología 2017, p. 17,18,19)

1.6.4. Métodos de medida en función al tipo de muestreo

Se distinguen tres tipos de métodos de medida:

1.6.4.1. Métodos extractivos

Métodos llevados a cabo fuera del foco emisor donde la muestra debe permanecer en condiciones físico-químicas adecuadas que eviten su desvirtuación hasta su análisis posterior en el laboratorio. (Fernández 2016). Podemos contar con los siguientes colectores de muestra:

- Bolsas especiales para la recogida de aire

Colector sencillo que permite establecer la concentración de los contaminantes en ppm, generalmente cuando existe CO, N₂O, H₂S, CFC, etc o cuando se desconoce la composición de gases analizar, consiste en el uso de una bolsa inerte de plástico o teflón, flexible, aluminizada de capacidad variable cuyo llenado puede desarrollarse de forma manual o empleando una bomba. (Baraza, Castejón y Guardino 2016)

- Borbotadores

Se emplea un volumen de agua o un disolvente apropiado conocido a través del cual se hace burbujear un volumen de aire dentro de un impigner donde el gas queda disuelto. Son empleados para la toma de muestras de gases, vapores y aerosoles líquidos. (Baraza, Castejón y Guardino 2016)

- Sorbentes sólidos

Colector sólido de vidrio en cuyo interior presenta materiales sólidos impregnados con algún reactivo donde el volumen de gas que se hace pasar queda adsorbido en su interior, se emplea carbón activado, gel de sílice, alúmina, polímeros porosos, tamices moleculares, resinas de intercambio iónico especiales, etc.

El tubo empleado presenta dos secciones de adsorbente, la frontal con doble cantidad de adsorbente por donde ingresa el gas y queda retenida la muestra y el posterior por donde sale y se almacena todo el gas que no haya quedado retenido. (Baraza, Castejón y Guardino 2016)

- Filtros para partículas

Método sencillo, práctico y cómodo por el cual se hace pasar el aire contaminado a través de un filtro que es colocado dentro de un portafiltros, empleado en términos generales para el análisis de material particulado, polvos, nieblas, humos o fibras debido a que permite retener los contaminantes en su interior mediante el uso de reactivos específicos para cada sustancia. Su rendimiento se ve afectado por la distribución de la partícula, las corrientes de aire y la densidad de las partículas. (Baraza, Castejón y Guardino 2016)

1.6.4.2. Métodos de muestreo in - situ

Método más empleado, que permite desarrollar el muestreo continuamente y en tiempo real de los principales contaminantes con menor sensibilidad y selectividad que los extractivos. (Martínez y Díaz 2004, p. 92)

1.6.4.3. Sistemas de teledetección

Método que se fundamenta en la detección de la contaminación a distancia en el cual no existe muestreo, favorecen la posibilidad de hacer medidas en lugares inaccesibles o de grandes zonas. (Martínez y Díaz 2004, p. 92)

1.6.5. Toma de muestras

El muestreo de gases constituye un proceso que depende del tipo de contaminante, el origen, la concentración y la presencia de impurezas. (Fernández 2016, p. 76)

1.6.5.1. Métodos extractivos

- a) Toma de muestra manual o instantánea: Se colecta la muestra en periodos cortos obteniendo un volumen pequeño del mismo, se pueden analizar mediante técnicas analíticas de laboratorio y tubos de reacción, los cuales son de vidrio y presentan en su interior sustancias específicas que reaccionan con el contaminante generando una indicación coloreada proporcional a la concentración del contaminante presente en el punto de emisión. (Fernández 2016, p. 76)

- b) Toma de muestra manual acumulativa: La colección de la muestra es en lapsos amplios de tiempo, generando grandes volúmenes, la muestra pasa a través de un recipiente que contiene una sustancia capaz de retener el contaminante analizado, puede ser estudiado mediante :

Método de absorción: Método más empleado donde los contaminantes reaccionan con la sustancia sorbente, retenidos por disolución o reacción química que genera cambios analizados mediante técnicas analíticas. (Fernández 2016, p. 76)

Método de adsorción: Empleados en contaminantes orgánicos presentes en concentraciones bajas, los cuales quedan retenidos en una sustancia sólida donde debe controlarse la temperatura del gas, caudal de aspiración, cantidad adsorbente y tiempo de muestreo. (Fernández 2016, p. 77)

Método de condensación y congelación: Consiste en pasar la muestra de aire a través de recipientes en los cuales se reduce progresivamente la temperatura donde los contaminantes quedan retenidos por condensación, sin ser alterados hasta su análisis posterior en el laboratorio. (Fernández 2016, p. 77)

1.6.5.2. Métodos no extractivos

Efectuado in situ mediante la aplicación de métodos instrumentales o a distancia dentro de la chimenea. (Fernández 2016, p. 77)

CAPITULO II

2. MARCO METODOLÓGICO

2.1. Tipo y Diseño de Investigación

2.1.1. *Tipo de Investigación*

Aplicada

2.1.2. *Nivel*

Predictivo

2.1.3. *Diseño de la Investigación*

Factorial, Diseño de componentes principales.

2.1.4. *Técnicas e instrumentos de recogida de datos*

- Observación
- Inventario

2.1.5. *Técnicas de tabulación de datos:*

- Reducción de dimensiones
- Predicción

2.2. Lógica del estudio

2.2.1. *Lugar de estudio*

Guayaquil constituye la ciudad más poblada y más grande del país además de ser un importante centro de comercio con influencia nacional en el ámbito comercial, económico, político, cultural y de entretenimiento.

La ubicación geográfica en la cual se extiende, faculta el desarrollo de un sin número de actividades productivas que generan descargas, vertidos y emisiones de contaminantes que alteran la calidad de vida de los seres humanos aledaños.

Vía a la Costa es una ruta de gran afluencia vehicular que conecta al Ecuador con diversos puntos de la Costa Ecuatoriana, en sus alrededores se desarrollan varias actividades residenciales, escolares, recreacionales, industriales y manufactureras, por lo cual se convierte en una zona estratégica de estudio para establecer la presencia y afección de SO₂ y NO₂.

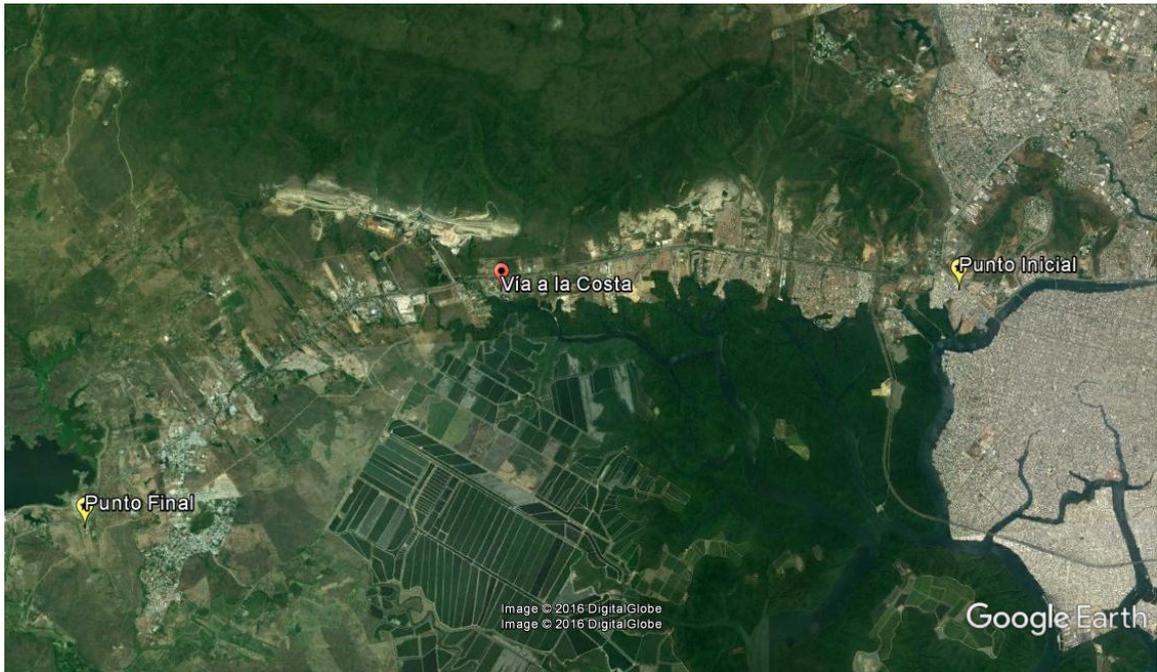


Figura 2-1 Vía a la Costa, Guayaquil

Fuente: Google Earth ®, 2017

2.2.2. *Monitoreo*

2.2.2.1. *Establecimiento y georreferenciación de los puntos de monitoreo*

Una vez analizada el área de estudio al constituirse una ruta de elevada afluencia vehicular se fijó a criterio técnico de 20 puntos de muestreo ubicados a lo largo de Vía a la Costa a partir de Jardines del Salado hasta 2 km posteriores al Parque El lago.

Para establecer cada punto de muestreo se tomó en cuenta la cercanía a fuentes de emisión de contaminantes atmosféricos, la afluencia vehicular, la distribución poblacional y la infraestructura óptima y libre de obstáculos que faculte la colocación de los muestreadores.

Para su georreferenciación se empleó Google Earth que faculta obtener las coordenadas de cada uno de los puntos de estudio colocados a 1 km de separación entre cada uno de ellos relacionándolos con las fotografiadas tomadas durante el reconocimiento del lugar y los apuntes con los lugares de referencia de cada estación de monitoreo.

En la tabla se detalla las coordenadas de ubicación de los puntos en Vía a la Costa perteneciente a la ciudad de Guayaquil.

Tabla 2-1 Georreferenciación de los puntos de monitoreo de NO₂ y SO₂ en Vía a la Costa - Guayaquil

PUNTOS DE MONITOREO	COORDENADA ESTE	COORDENADA SUR
P1	617421.00 m E	9758063.00 m S
P2	616813,00 m E	9758163.00 m S
P3	615837.00 m E	9758223.00 m S
P4	614593.00 m E	9758403.00 m S
P5	613684.00 m E	9758553.00 m S
P6	612375.00 m E	9758738.00 m S
P7	611258.00 m E	9758610.00 m S
P8	610178.00 m E	9758418.00 m S
P9	609159.00 m E	9758221.00 m S
P10	607997.00 m E	9758071.00 m S
P11	607066.00 m E	9758891.00 m S
P12	605526.00 m E	9757638.00 m S
P13	604826.00 m E	9757149.00 m S
P14	604054.00 m E	9756496.00 m S
P15	603225.00 m E	9755809.00 m S
P16	602321.00 m E	9755081.00 m S
P17	601586.00 m E	9754610.00 m S
P18	600628.00 m E	9753977.00 m S
P19	600135.00 m E	9753265.00 m S
P20	599284.00 m E	9753122.00 m S

Realizado por: Cueva, P, 2017

Fuente: Google Earth ©, 2017



Figura 2-2 Puntos de monitoreo de NO_2 y SO_2 en Vía a la Costa de la ciudad de Guayaquil

Fuente: Google Earth ©,2017

2.2.3. *Parámetros ambientales a tomar en cuenta.*

Para desarrollar el estudio de NO_2 y SO_2 fue necesario contar con los parámetros ambientales de presión, temperatura, porcentaje de humedad, grado de radiación, velocidad y dirección del viento del lugar, mismos que fueron otorgados por el Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI) procedentes de la estación SONGA localizada en el Sur de Guayaquil la con coordenadas UTM 17M 0626963 m Sur 09747165 m Oeste.

2.3. Preparación de reactivos para el estudio de NO_2 en aire.

2.3.1. *Materiales*

2.3.1.1. *Materiales de campo*

- Tubos pasivos de NO_2 .

- Gradilla.
- Cooler.
- Cinta de embalaje.
- Escalera.
- Flexómetro.

2.3.1.2. Materiales de laboratorio.

- Equipos
 - Espectrofotómetro UV- Visible
 - Balanza analítica:
- Sustancias y reactivos
 - Agua destilada
 - Trietanolamina.
 - N-butanol.
 - Ácido sulfanílico.
 - Ácido acético.
 - N-1 naftilendiamina (NEDA).

- Nitrito de sodio grado QP

2.3.2. *Solución captadora de NO₂*

Para la preparación de la solución captadora de NO₂ es necesario disolver 15 g de trietanolamina en 500 ml de agua destilada, incorporar 3g de N-butanol, mezclar homogéneamente y aforar con agua destilada hasta alcanzar un volumen de 1000 ml. La solución es estable por dos meses si se mantiene en refrigeración y en recipiente ámbar. (Manrique y Ossa 2010, p. 25)

2.3.3. *Solución patrón*

Se diluye 1,5 g de nitrito de sodio de grado analítico en 1000 ml de agua destilada. La solución contiene "1000 mg NO₂ en 1000 ml lo que equivale a 1 mg de NO₂/ml ".(Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación 2001, p. 49)

2.3.4. *Solución Stock de nitrito*

Disolver en 10 ml de la solución anterior en 250 ml de agua destilada, lo que da una concentración de 40 µg de nitrito/ml, mantener la solución refrigerada y en recipiente oscuro.(Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación 2001, p. 49)

2.3.5. *Preparación del reactivo de Griess*

Solución A: Disolver 3,2 g de ácido sulfanílico en 400 ml de ácido acético 5N.

Solución B: Disolver 2 g de NEDA en 400 ml de ácido acético 5N.(Doval 2009, p. 32)

2.4. **Preparación de reactivos para el estudio de SO₂ en aire.**

2.4.1. Materiales

2.4.1.1. Materiales de campo

- Tubos pasivos de SO₂.
- Gradilla.
- Cooler
- Cinta de embalaje
- Escalera
- Flexómetro.

2.4.1.2. Materiales de laboratorio.

- Equipos
 - Espectrofotómetro UV- Visible
 - Balanza analítica:
- Sustancias y reactivos
 - Cloruro de mercurio

- Cloruro de sodio.
- Sal disódica dihidratada del ácido etilendiaminotetracético (EDTA)
- Ácido fosfórico.
- Clorhidrato de pararosnilina.
- Formaldehido.
- Ácido sulfámico.
- Bisulfito de sodio.
- Yodo.
- Yoduro de potasio.
- Cloruro de mercurio II.
- Yoduro de mercurio.
- Ácido clorhídrico.
- Tiosulfato de sodio pentahidratado.
- Carbonato de sodio.

2.4.2. *Solución captadora de SO₂*

La solución de absorción (TCM) para establecer la presencia de SO₂ en el aire circundante requiere la disolución de 10,9 g de cloruro de mercurio, 4,7 g de cloruro de sodio y 0,07 g de sal disódica dihidratada del ácido etilendiaminotetracético (EDTA) en un recipiente volumétrico con aforo de 1000 ml. La solución es estable si se almacena en un recipiente sellado adecuadamente. (Manrique y Ossa 2010, p. 22)

2.4.3. Solución de clorhidrato de pararosanilina

Aforar un recipiente de 1000 ml con agua destilada previa la incorporación de 86 ml de ácido clorhídrico al 38%.(Manrique y Ossa 2010, p. 23)

Transferir 205 ml de ácido fosfórico al 85% y aforar en un recipiente volumétrico de 1000 ml, mezclar homogéneamente.(Manrique y Ossa 2010, p. 23)

Disolver 0,2 g de clorhidrato de pararosanilina de pureza ensayada en 100 ml de la solución de ácido clorhídrico.(Manrique y Ossa 2010, p. 23)

Tomar 20 ml de la solución anterior, incorporar 25 ml de la solución de ácido fosfórico, mezclar homogéneamente y llevar a un recipiente aforado de 250 ml de agua destilada. Mantener en un área protegida de la luz.(Manrique y Ossa 2010, p. 23)

2.4.4. Solución de formaldehido

Incorporar a un recipiente de 1000 ml de agua destilada 5 ml de solución de formaldehido al 38%.Preparar la solución el día a emplear.(Manrique y Ossa 2010, p. 23)

2.4.5. Solución de ácido sulfámico

Disolver 0,6 g de ácido sulfámico en 100 ml de agua destilada, mantener protegida del aire.(Manrique y Ossa 2010, p. 24)

2.4.6. Solución de disulfito de sodio

Incorporar 0,3 g de bisulfito de sodio a 500 ml de agua destilada desairada. " Esta solución contiene la masa equivalente de 320 a 400 µg de dióxido de azufre por mililitro ". (Manrique y Ossa 2010, p. 24)

Añadir 2 ml de la solución anterior y llevar a un aforo de 100 ml con solución de absorción. La estabilidad de la reacción es de un mes en refrigeración.(Manrique y Ossa 2010, p. 24)

2.5. Captadores pasivos

2.5.1. *Elaboración de los captadores pasivos para NO₂ y SO₂*

Los captadores pasivos empleados para el monitoreo de NO₂ y SO₂, consistieron en tubos de vidrio de análisis químico con capacidad de 10 ml en cuyo interior se colocó un volumen de 3,5 ml de la solución captadora específica de TCM para SO₂ y de Trietanolamina para SO₂ y NO₂ cada ocho días.

Al establecerse dos contaminantes gaseosos para el monitoreo fue necesario emplear etiquetas diferenciadas de los muestreadores en la cual se estableció el número de monitoreo que corresponde, el tipo de contaminante atmosférico y el punto de muestreo al que pertenece.

2.6. Colocación de muestreadores en los puntos de monitoreo.

Los muestreadores se colocaron a 2, 5m sobre el nivel del suelo, a fin de favorecer una estrecha relación de la solución captadora de NO₂ y SO₂ con el aire circundante.

La colocación de los mismo se efectuó cada lunes a partir del 14 de Noviembre del 2016 hasta el 2 de Enero del 2017, con un lapso final de monitoreo de dos meses.

2.7. Exposición de NO₂ y SO₂.

Para activar el sistema de muestreo pasivo es necesario retirar el tapón que cubre la solución presente en el tubo y dejarle expuesta por el lapso descrito.

2.8. Transporte y conservación de los captadores pasivos de NO₂ y SO₂

Para el transporte de los captadores pasivos desde el lugar de elaboración hasta los puntos de muestreo una vez alcanzado el tiempo de exposición y viceversa, se empleó un cooler en cuyo interior se colocaba hielo y sílica gel a fin de conservar las muestras hasta su lugar de análisis.

2.9. Análisis muestral

2.9.1. Lugar de análisis

El análisis de datos se desarrolló en el Laboratorio de Instrumental de la Facultad de Ciencias de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, localizada en la ciudad de Riobamba, Panamericana Sur km 1 ½, con coordenadas UTM 17M 763354,00 m Este 9862553.33 m Sur 2537 msnm.

2.9.2. Procedimiento previo

2.9.2.1. Barrido espectral

Configurara el espectrofotómetro UV-Visible en el rango a realizar el barrido, preparar el blanco y colocarlo en el equipo hasta obtener una lectura igual a cero, seguidamente colocar la muestra coloreada y hacer la lectura respectiva que permitirá estipular la longitud de onda adecuada y la máxima absorción de radiación electromagnética con que el equipo permitirá trabajar para el respectivo contaminante gaseoso en análisis.

2.9.3. Obtención de curvas de calibración

2.9.3.1. Curva de calibración de NO₂

- Preparación de la solución madre

Incorporar 3 ml de la solución Stock de nitrito, 7 ml de solución absorbente, 1 ml de peróxido de hidrógeno, 10 ml de solución A y 1 ml de solución B preparada en 1.6.4, aforar con agua destilada en un balón de 25 ml.(Manrique y Ossa 2010, p. 32)

- Análisis espectrofotométrico de las diluciones de la solución madre.
Colocar volúmenes de 1, 2, 3, 4, 5, 6 y 7 ml de la solución madre en matraces de 25 ml y aforar con agua destilada respectivamente.
- Obtención de la masa total (m_T) de las soluciones patrón de NO_2 .

$$m_T = CT \left(\frac{\mu\text{g}}{\text{ml}} \right) * V_S(\text{ml}) \quad (\text{Ecuación 2-1})$$

Donde:

CT : Concentración conocida de NO_2 en la disolución estándar.

V_S : Volumen total de la disolución estándar añadido.

- Estimación de la concentración (C_T) de las soluciones patrón de NO_2 .

$$C_T \left(\frac{\mu\text{g}}{\text{ml}} \right) = \frac{m_T(\mu\text{g})}{V_x(\text{ml})} \quad (\text{Ecuación 2-2})$$

$$V_x(\text{ml}) = V(\text{ml}) + V_S(\text{ml})$$

Donde:

m_T : Masa total en el tubo

V_x : Volumen total de la disolución en el tubo.

V : Volumen de reactivos de color para la extracción.

- Elaboración de la curva de calibración de NO_2

Con los datos conocidos de absorbancia y el valor de masa y concentración de las disoluciones patrón, construir la curva y aplicar regresión lineal a fin de obtener la ecuación de la recta que faculte estimar la concentración del contaminante presente en las muestras.

Tabla 2-2 Datos de concentración y absorbancia triplicada del análisis de las disoluciones patrón de NO₂

CONCENTRACIÓN TUBO (µg/ml)	ABSORBANCIA			
	R1	R2	R3	PROMEDIO
0	0	0	0	0,000
0,2469	0,003	0,003	0,003	0,356
0,4938	0,017	0,022	0,023	0,713
0,7407	0,04	0,04	0,039	1,017
0,987	0,044	0,054	0,053	1,426
1,234	0,076	0,078	0,08	1,783
1,481	0,091	0,095	0,099	2,140

Realizado por: Cueva, P, 2017

2.9.3.2. Curva de calibración de SO₂.

- Preparación de la solución madre

Colocar 3 ml de Disulfito- TCM, 7ml de solución de absorción, 1ml de ácido sulfámico, 2 ml de formaldehído, 5 ml de pararosanilina y aforar con agua destilada hasta alcanzar un volumen de 25 ml. (Manrique y Ossa 2010, p. 27)

- Análisis espectrofotométrico de las diluciones de la solución madre

Tomar de la solución madre volúmenes de 0,5, 1, 1,5, 2, 2, 5, 3 y 3,5 ml y aforarlos en matraces de 25 ml con agua destilada respectivamente.

- Elaboración de la curva de calibración de SO₂.

Con los datos conocidos de absorbancia y el valor de las disoluciones patrón, construir la curva y aplicar regresión lineal a fin de obtener la ecuación de la recta que faculte estimar la concentración del contaminante presente en las muestras.

- Obtención de la masa total (m_T) de las soluciones patrón de SO_2 .

$$m_T = C_T \left(\frac{\mu g}{ml} \right) * V_S(ml) \quad (\text{Ecuación 2-3})$$

Donde:

C_T : Concentración conocida de NO_2 y SO_2 en la disolución estándar.

V_S : Volumen total de la disolución estándar añadido.

- Estimación de la concentración (C_T) de las soluciones patrón de SO_2 .

$$C_T \left(\frac{\mu g}{ml} \right) = \frac{m_T(\mu g)}{V_x(ml)} \quad (\text{Ecuación 2-4})$$

$$V_x(ml) = V(ml) + V_S(ml)$$

Donde:

m_T : Masa total en el tubo

V_x : Volumen total de la disolución en el tubo.

V : Volumen de reactivos de color para la extracción.

Tabla 2-3 Datos de concentración y absorbancia triplicada del análisis de las disoluciones patrón de SO_2

CONCENTRACIÓN TUBO ($\mu g/ml$)	ABSORBANCIA			
	R1	R2	R3	PROMEDIO
0	0	0	0	0,000
0,1639	0,236	0,229	0,233	0,236
0,3278	0,471	0,469	0,470	0,472
0,4918	0,7081	0,7079	0,7079	0,7081
0,6557	0,942	0,939	0,945	0,944
0,8196	1,1789	1,1795	1,1799	1,1799

0,9836	1,4509	1,4419	1,4515	1,4519
1,147	1,649	1,653	1,648	1,651

Realizado por: Cueva, P, 2017

2.9.4. *Análisis de muestras de NO₂*

2.9.4.1. *Método colorimétrico*

Agregar a la muestra de análisis dos gotas de cada una de las soluciones preparadas en 1.6.4 correspondientes al reactivo de Griess, esperar 10 minutos y proceder a la lectura de absorbancia.

2.9.4.2. *Análisis espectrofotométrico*

Tomar una porción representativa de la muestra que adquirido la coloración respectiva y colocarla en la celda de cuarzo para su análisis en el espectrofotómetro UV-visible a la longitud de onda establecida en el barrido espectral (529 nm), a fin de obtener el valor de absorbancia. En la tabla 2-2 se detallan las absorbancias obtenidas de las muestras, mismas que fueron triplicadas cada 10 segundos a fin de otorgar mayor consistencia a los resultados.

2.9.4.3. *Estimación de la concentración y masa de NO₂ recogida en cada captador.*

Una vez obtenida la curva de calibración aplicamos la ecuación de la recta, que faculta la obtención de la concentración de las muestras expuestas en el monitoreo.

$$y = b + m \cdot C_A \quad \text{(Ecuación 2-5)}$$

Dónde:

b : Es la ordenada en el origen (intersección de la recta en el eje de ordenadas)

m : Es la pendiente de la recta

C_A : Es la concentración del analito, representado en el eje de abscisas

y : Es la señal medida

Aplicando la ecuación de la recta obtenida y despejando C_A , tenemos para el NO₂ la siguiente expresión:

$$y = 1,4475x - 0,0091$$

$$C_A = \frac{y + b}{m}$$

$$C_A = \frac{y + 0,0091}{1,4475} \quad (\text{Ecuación 2-6})$$

A partir de la concentración obtenida en cada muestra, calculamos la masa de NO₂ mediante la siguiente expresión:

$$m (\mu\text{g}) = C_A \left(\frac{\mu\text{g}}{\text{ml}}\right) \cdot V (\text{ml}) \quad (\text{Ecuación 2-7})$$

Donde:

m (μg): Masa recogida por cada captador

C_A ($\frac{\mu\text{g}}{\text{ml}}$): Concentración en el tubo según la curva de calibración.

V (ml): Volumen de reactivos de color vertidos en cada tubo para la extracción.

2.9.5. *Análisis de muestras de SO₂*

2.9.5.1. *Estandarización de tiosulfato*

Tomar 25ml de solución de yodato de potasio y transferirlo a un recipiente de 500 ml de yodo, incorporar 1g de yoduro de potasio y 10 ml de ácido clorhídrico, después de cinco minutos titular con solución de tiosulfato de sodio de partida hasta obtener una coloración amarilla pálida a la que se le incorpora 2 ml del indicador de almidón y se titula nuevamente hasta que la coloración azul desaparezca. Repetir el procedimiento de titulación con el blanco. (Manrique y Ossa 2010, p. 3)

2.9.5.2. *Método colorimétrico*

Agregar a la muestra de análisis 0,2 ml de ácido sulfámico, 0,2ml de la solución de formaldehído y 0,4 ml de la solución de pararosanilina, dejar reposar durante 30 a 60 minutos y proceder a desarrollar su análisis. (Manrique y Ossa 2010, p. 27)

2.9.5.3. Análisis espectrofotométrico

Tomar una porción representativa de la muestra que adquirido la coloración respectiva y colocarla en la celda de cuarzo para su lectura en el espectrofotómetro UV-visible a una longitud de onda de 540 nm a fin de obtener el valor de absorbancia. En la tabla 3-2 se detallan las absorbancias obtenidas de las muestras, mismas que fueron triplicadas cada 10 segundos a fin de otorgar mayor consistencia a los resultados.

2.9.5.4. Cálculo de la concentración y masa de SO₂ recogida en cada captador.

Una vez obtenida la curva de calibración aplicamos la ecuación de la recta (Ecuación 2-2), que facilita la obtención de la concentración de las muestras expuestas en el monitoreo.

Aplicando la ecuación de la recta obtenida y despejando C_A, tenemos para el SO₂ la siguiente expresión:

$$y = 1,4525x - 0,0029$$

$$C_A = \frac{y + b}{m}$$

$$C_A = \frac{y + 0.029}{1,4525} \quad (\text{Ecuación 2-8})$$

A partir de la concentración obtenida en cada muestra, calculamos la masa de SO₂ mediante la (Ecuación 2-7).

2.9.6. Cálculo de la concentración ambiental de NO₂ y SO₂.

$$C = \frac{m.l}{D_{12}.A.t} \quad (\text{Ecuación 2-9})$$

Donde:

C: Concentración ambiente medida (µg/m³)

m: Cantidad del gas absorbido durante la exposición (µg)

A: Área transversal del tubo cilíndrico (m²)

t: Tiempo de exposición (s)

L: Longitud del tubo cilíndrico (m)

D₁₂: Coeficiente de difusión molecular de NO₂(9K): (106+- 37 torr·cm² /s): 0,0000139 m²/s

D₁₂SO₂ (1 atm – 296K): (94+- 13 torr·cm² /s): 0,0000123 m²/s (Tang, Cox y Kalberer 2014, p. 9239)

2.9.7. Corrección de la concentración ambiental de acuerdo a las condiciones de la localidad.

Para cuantificar la concentración ambiental de acuerdo al medio en que se desarrolló la medición, es necesario aplicar la ecuación descrita en el Acuerdo Ministerial 097A Libro VI Anexo 4 Calidad del aire, para lo cual se utiliza la siguiente relación:

$$C_c \left(\frac{\mu g}{m^3} \right) = C_o * \frac{760 \text{ mmHg}}{P_{bl} \text{ mmHg}} * \frac{(273+t \text{ } ^\circ\text{C})}{298 \text{ K}} \quad (\text{Ecuación 2-10})$$

Donde:

C_c: Concentración corregida en (μg/m³)

C_o: Concentración observada en (μg/m³)

P_{bl}: presión atmosférica local en milímetros de mercurio.

t°C : Temperatura local en grados centígrados.

2.10. Aplicación de software

2.10.1. Almacenamiento de información

La información obtenida durante el desarrollo del presente trabajo fue recopilada en un documento Excel en el cual constan los puntos de muestreo con sus respectivas coordenadas; los

valores de masa, concentración y parámetros meteorológicos relacionados con el tiempo de estudio fueron almacenados en una hoja de trabajo que favoreció el análisis estadístico.

2.10.2. Análisis estadístico empleando el software SPSS.

Una vez obtenidos los parámetros de interés para el desarrollo del estudio fue indispensable utilizar el software SPSS a fin de relacionar la concentración presente de los gases con la presión, temperatura, porcentaje de humedad, radiación solar, velocidad y dirección del viento.

Razón por la cual se ejecutó un Diseño de componentes principales el cual tiene como finalidad reducir los parámetros uniéndolos y convirtiéndolos en componentes que expliquen la característica del fenómeno de estudio.

A fin de estimar la tendencia futura de las emisiones de SO₂ y NO₂ se desarrolló además un análisis predictivo de su concentración.

2.10.3. Mapa de concentración utilizando ArcMap

A partir de las concentraciones registradas en las estaciones de monitoreo para los dos contaminantes en estudio se realizaron mapas de dispersión que permitan conocer el comportamiento de los mismos de una estación a otra, por lo cual fue necesario usar el software ArcMap 10.3, partiendo de la generación de una base de datos en Excel donde se almacenó el nombre de las estaciones de monitoreo y las coordenadas UTM en X y Y, mismas que fueron proyectadas en el software generando un shapefile de puntos para el NO₂ y SO₂.

Se seleccionó la herramienta GeostatisticalAnalyst que otorga la estructura cartográfica al área de estudio y dentro de esta opción se escogió Geostatistical Wizard que faculta ingresar la información para ejecutar el modelo, tras desplegar la ventana en mención se seleccionó Kriging-Cokriging como método de interpolación donde es necesario configurar los siguientes parámetros.

- Source Dataset. Seleccionamos el shapefile de puntos que contiene la información de los gases contaminantes.
- Data Field. Seleccionamos la columna que contiene las concentraciones.

En la ventana siguiente seleccionamos Kriging Type – Ordinary – Prediction como tipo de interpolación para el estudio de los contaminantes y finalmente el resultado es una imagen raster que contiene la información de la dispersión de los contaminantes.

Se realizó la edición final de la misma de acuerdo al área de estudio establecida y se configuro la presentación final con los datos geográficos de la misma.

CAPITULO III

3. MARCO DE RESULTADOS, DISCUSIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

3.1. Concentración ambiental y corrección de acuerdo a las condiciones de la localidad.

Tras aplicar la ecuación 2-6, 2-8, 2-9 y 2-10 se establecieron los valores de concentración ambiental y su corrección en función a las condiciones ambientales del lugar de estudio que faculta describir la calidad del aire del sector en función a la presencia de SO₂ y NO₂

Las tablas contiguas puntualizan los resultados obtenidos, donde se aprecia que los valores de concentración de SO₂ y NO₂ no son elevados y se encuentran dentro de los límites permisibles establecidos en el Acuerdo Ministerial 097A Libro VI Anexo 4 Calidad del aire

Tabla 3-1 Concentraciones obtenidas para el NO₂

Punto de muestreo	Promedio ambiente corregida (µg/m³)	Máxima ambiente corregida (µg/m³)
N1	6,024	10,611
N2	13,251	46,731
N3	11,024	41,061
N4	12,022	10,821
N5	15,165	17,924
N6	10,732	8,598
N7	16,128	24,792
N8	6,431	17,755
N9	7,563	10,734

N10	7,063	10,413
N11	9,013	20,355
N12	8,063	16,501
N13	20,818	64,346
N14	23,966	75,649
N15	11,628	17,541
N16	9,091	20,188
N17	9,010	17,124
N18	8,377	18,688
N19	8,870	16,528
N20	4,970	7,128

Realizado por: Cueva, P, 2017

Tabla 3-2 Concentraciones obtenidas para el SO₂.

Punto de muestreo	Promedio ambiente corregida (µg/m³)	Máxima ambiente corregida (µg/m³)
S1	3,760	9,266
S2	4,951	12,001
S3	2,395	3,722
S4	5,499	14,149
S5	3,769	7,302
S6	2,222	3,704
S7	6,825	16,295
S8	3,626	8,651
S9	3,473	10,710
S10	6,988	30,389
S11	7,765	36,013
S12	4,725	8,983
S13	6,671	21,270
S14	2,379	7,169
S15	1,876	3,559
S16	2,452	4,527
S17	3,081	7,007

S18	3,001	6,095
S19	3,378	6,072
S20	4,355	17,328

Realizado por: Cueva, P, 2017

3.1.1. Variación de concentración durante el muestreo

3.1.1.1. Dióxido de Nitrógeno

A continuación se detalla la concentración máxima de NO₂ alcanzada en los 20 puntos de estudio durante 8 semanas, citados en la Tabla 3-1, los resultados obtenidos son similares a los alcanzados por (Calisaya 2012, p.42) en el desarrollo de su tema: “CONSTRUCCIÓN Y VALIDACIÓN DE DISPOSITIVOS PARA EL MONITOREO PASIVO DE DIÓXIDO DE NITRÓGENO (NO₂) Y DIÓXIDO DE AZUFRE (SO₂) EN LA CIUDAD DE AREQUIPA – PERÚ ”, donde se aprecian concentraciones similares durante los meses de noviembre, diciembre y enero, lapso en el cual se desarrolló el monitoreo.

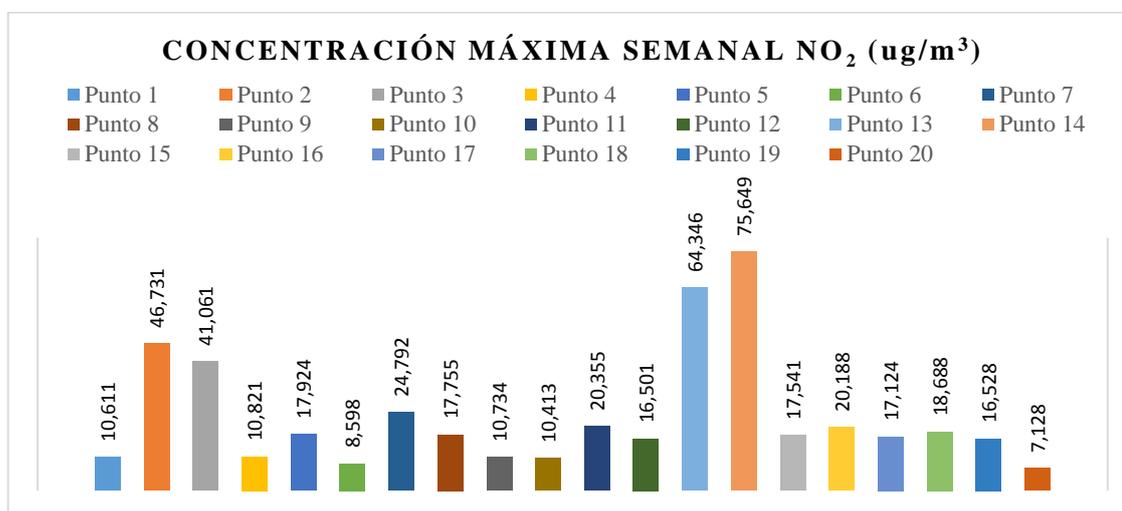


Gráfico 3-1 Concentración Máxima Semanal de NO₂ (µg/m³)

Realizado por: Cueva, P, 2017

En el gráfico 3-1 se puede visualizar que en los puntos 13 y 14 se obtienen valores elevados que no superan los límites establecidos por el Acuerdo Ministerial 097A Libro VI Anexo 4 Calidad del aire, coincidiendo con los resultados desarrollados por (De la Cruz et al. 2011, p. 5) cuya

investigación fue "La dispersión atmosférica de contaminantes en una zona industrial de Cuba", donde las concentraciones de NO₂ no superaron las referencias citadas en su trabajo, asumiendo mencionado resultado a un corto lapso de muestreo que dificulta obtener mayor cantidad de datos que permitan establecer si la concentración presente sufre variación en el tiempo acorde con la realidad del sector .

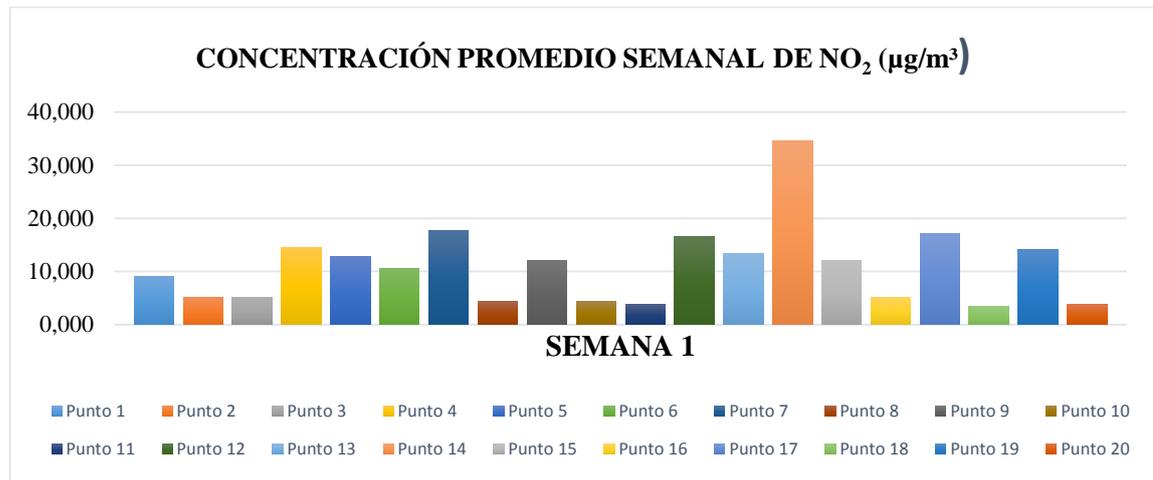


Gráfico 3-2 Concentración Promedio Semanal de NO₂ (µg/m³), semana 1.

Realizado por: Cueva, P, 2017

En el gráfico 3-2, se observa la concentración promedio semanal alcanzada durante la semana 1 correspondiente del 11 al 20 de noviembre del 2016 donde se observa una concentración representativa en el punto 14 con un valor de 34,67 (µg/m³) esto debido a que constituye un punto cercano a la empresa HOLCIM. SA donde existe entrada y salida frecuente de vehículos, resultado respaldado con los obtenidos por (Calisaya 2012, p.51) donde asume la alta concentración a las emisiones generadas por los vehículos. El punto de menor concentración constituye el punto 18 con un valor igual a 3,478 (µg/m³) esto debido a que se encuentra localizado cercano a la entrada del Parque El Lago donde se asume existió poca afluencia vehicular y no se presencia actividad industrial aparente en el sector a comparación del punto 14.

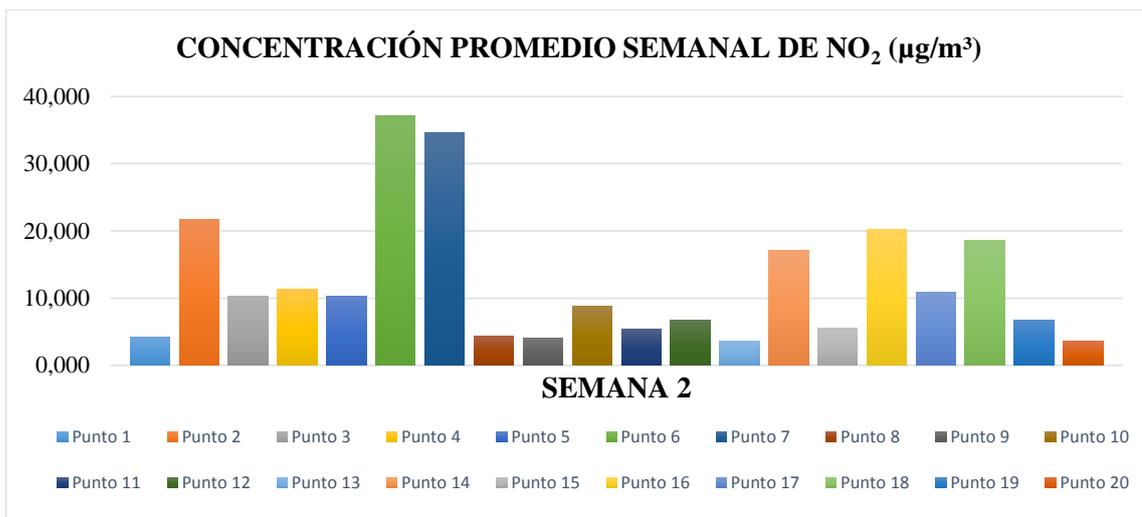


Gráfico 3-3 Concentración Promedio Semanal de NO₂ (µg/m³), semana 2.

Realizado por: Cueva, P, 2017

En el gráfico 3-3, la Concentración promedio semanal alcanzada durante la semana 2 correspondiente del 21 al 27 de noviembre del 2016, se observa una concentración representativa en el punto 6 con un valor de 37,18 (µg/m³) y el punto 7 igual a 34,63 (µg/m³) esto debido a que constituyen puntos donde existen urbanizaciones de gran extensión que demandan el uso de vehículos generando mayor afluencia, mencionado resultado concuerda con el obtenido por (Calisaya 2012, p.51) donde a través de su estudio establece que la presencia de NO₂ se debe a las emisiones generadas por los automotores. El punto de menor concentración constituye el punto 20 con un valor igual a 3,56 (µg/m³) debido a que se encuentra localizado en un punto con poca afluencia vehicular a comparación del punto 6 y 7.

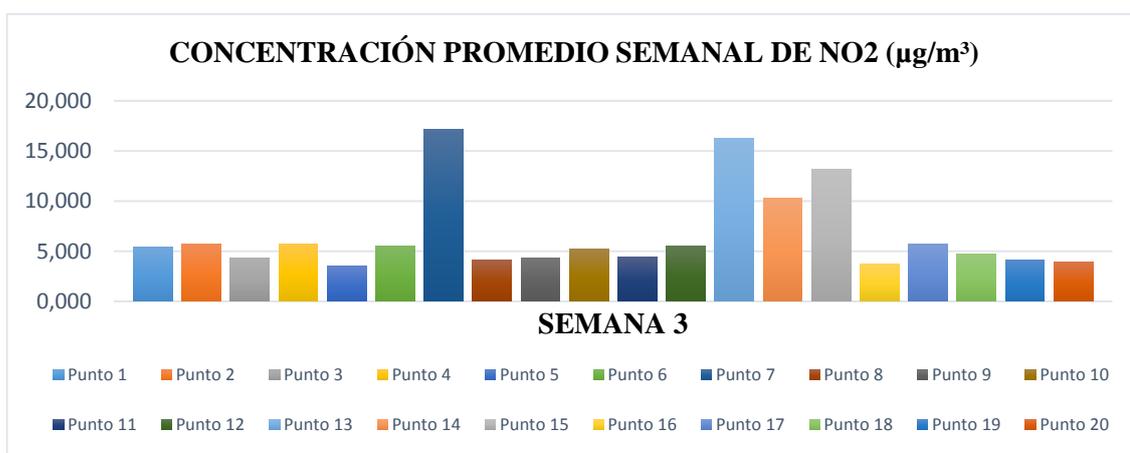


Gráfico 3-4 Concentración Promedio Semanal de NO₂ (µg/m³), semana 3.

Realizado por: Cueva, P, 2017

La Concentración promedio semanal alcanzada durante la semana 3 correspondiente del 28 de noviembre al 04 de Diciembre del 2016 se expresa en el grafico 3-4, donde se observa una concentración elevada en comparación a los demás puntos en el punto 7 con un valor de 17, 22 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) y el punto 13 igual a 13,18 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) debido a que constituyen puntos con presencia de urbanizaciones de gran extensión que demandan el uso de vehículos que da lugar a una mayor afluencia en el sector, el resultado obtenido se respalda con los obtenidos por (Calisaya 2012, p.51) donde asume la alta concentración obtenida a las emisiones generadas por los vehículos. El punto de menor concentración constituye el punto 5 con un valor igual a 3,498 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) atribuyéndose a la baja presencia de vehículos en esa semana.

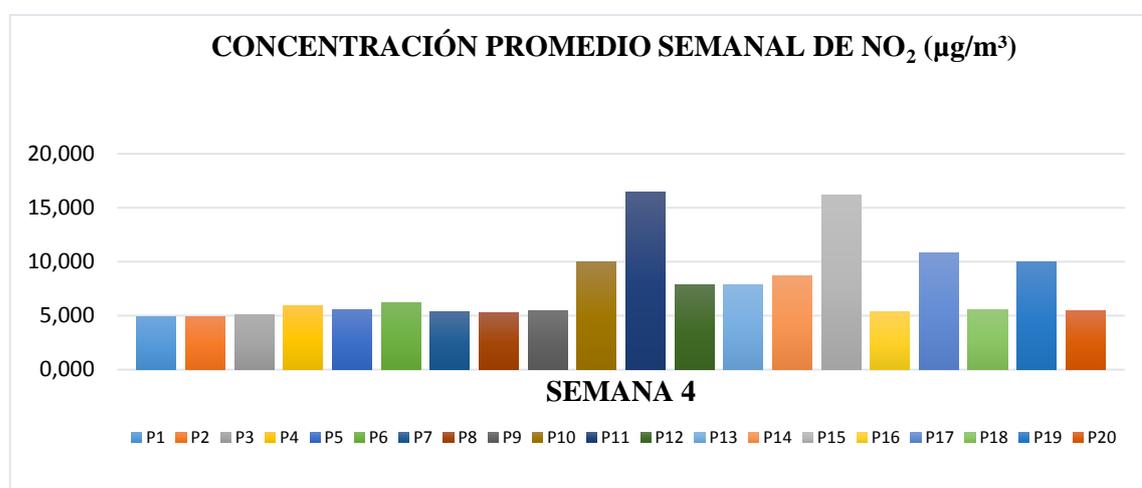


Gráfico 3-5 Concentración Promedio Semanal de NO₂ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$), semana 4.

Realizado por: Cueva, P, 2017

En el gráfico 3-5, la Concentración promedio semanal alcanzada durante la semana 4 correspondiente del 05 al 11 de diciembre del 2016, se observa una concentración mayor en comparación a los demás puntos de estudio en el punto 11 con un valor de 16,41 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) y el punto 15 igual a 16,10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) esto debido a que constituyen puntos donde existen empresas cuya entrada y salida de vehículos es permanente, resultado que concuerda con el obtenido por (Calisaya 2012, p.51) donde a través de su estudio establece que la presencia de NO₂ se debe a las emisiones generadas por los automotores. El punto de menor concentración constituye el punto 2 con un valor igual a 4,871 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) debido a una afluencia vehicular menor a comparación del punto 11 y 15.

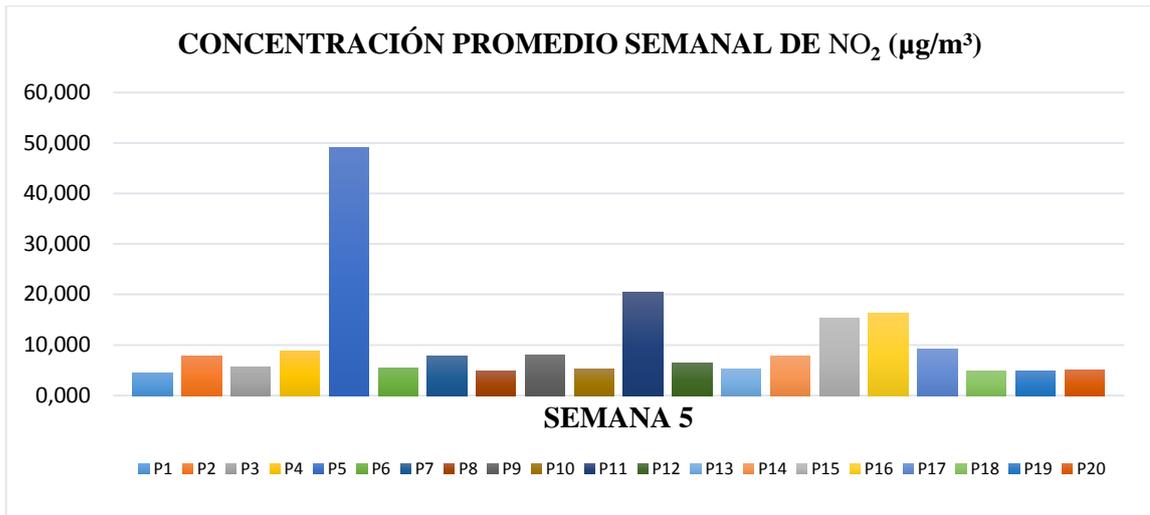


Gráfico 3-6 Concentración Promedio Semanal de NO₂ (µg/m³), semana 5.

Realizado por: Cueva, P, 2017

La Concentración promedio semanal alcanzada durante la semana 5 correspondiente del 12 al 18 de Diciembre del 2016 se expresa en el grafico 3-6, donde se observa una concentración elevada en comparación a los demás puntos en el punto 5 con un valor de 49,17 (µg/m³) debido a que constituye un sector donde existen establecimientos alimenticios fijos como Burguer King y temporales que atraen clientes y por ende aumenta el tránsito de autos, resultado respaldado con los obtenidos por (Calisaya 2012, p.51) donde asume la alta concentración obtenida a las emisiones generadas por los vehículos. El punto de menor concentración constituye el punto 1 con un valor igual a 4,462 (µg/m³) atribuyéndose a la maniobra realizada por pobladores del sector previo a cumplir el lapso de tiempo de estudio.

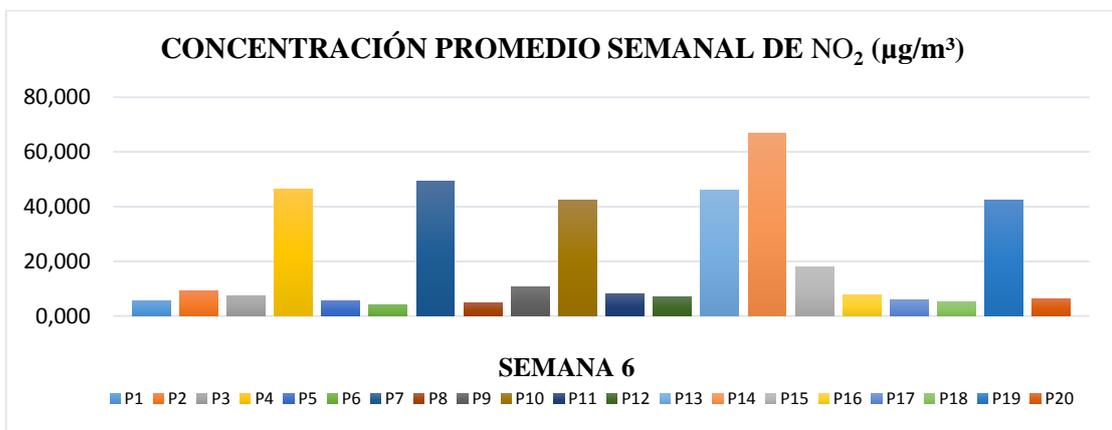


Gráfico 3-7 Concentración Promedio Semanal de NO₂ (µg/m³), semana 6.

Realizado por: Cueva, P, 2017

En el gráfico 3-7, la concentración promedio semanal alcanzada durante la semana 6 correspondiente del 19 al 25 de diciembre del 2016, se observa una concentración elevada en los puntos: 4 con valor igual a 46,46 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$), el punto 7 presenta 49,35 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$), el punto 10 presenta 42,44 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$), el punto 13 presenta 45,91 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$), el punto 14 presenta 66,67 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) y el punto 19 presenta 42,32 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$), debido a que durante esta fecha de muestreo se desarrolló un feriado nacional que involucró un movimiento vehicular mayor lo que genera una mayor emisión de NO_2 , resultado que concuerda con el obtenido por (Calisaya 2012, p.51) donde establece que la concentración elevada de NO_2 se debe a las emisiones generadas por los automotores. El punto de menor concentración constituye el punto 6 con un valor igual a 3,973 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) debido a encontrarse localizado en un punto alejado de urbanizaciones que demandan un uso menor de vehículos a comparación de los puntos 4,7,10, 13,14 y 19 .

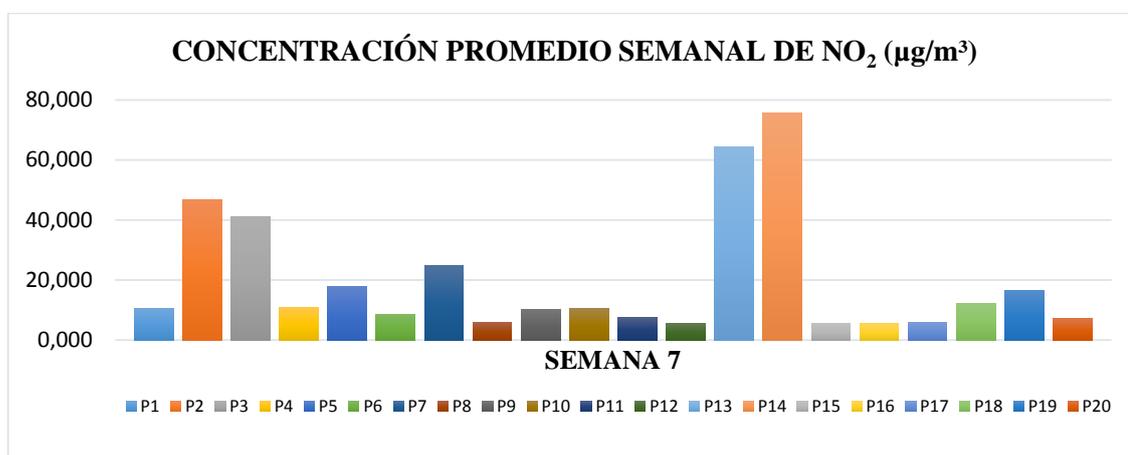


Gráfico 3-8 Concentración Promedio Semanal de NO_2 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$), semana 7.

Realizado por: Cueva, P, 2017

La Concentración promedio semanal alcanzada durante la semana 7 correspondiente del 26 de Diciembre del 2016 al 01 de Enero del 2017 se expresa en el grafico 3-8 donde se observa una concentración elevada en comparación a los demás puntos en el punto 13 con un valor de 64,34 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) y punto 14 igual a 75,64 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) debido a que constituye un sector donde existen empresas que involucran la entrada y salida permanente de vehículos, concordando con los resultados obtenidos por (Calisaya 2012, p.51) donde a través de su estudio establece que la presencia elevada de NO_2 se debe a las emisiones generadas por los automotores. . El punto de menor concentración constituye el punto 16 con un valor igual a 5,386 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) atribuyéndose a una movilidad de autos mínima a comparación del punto 13 y 14.

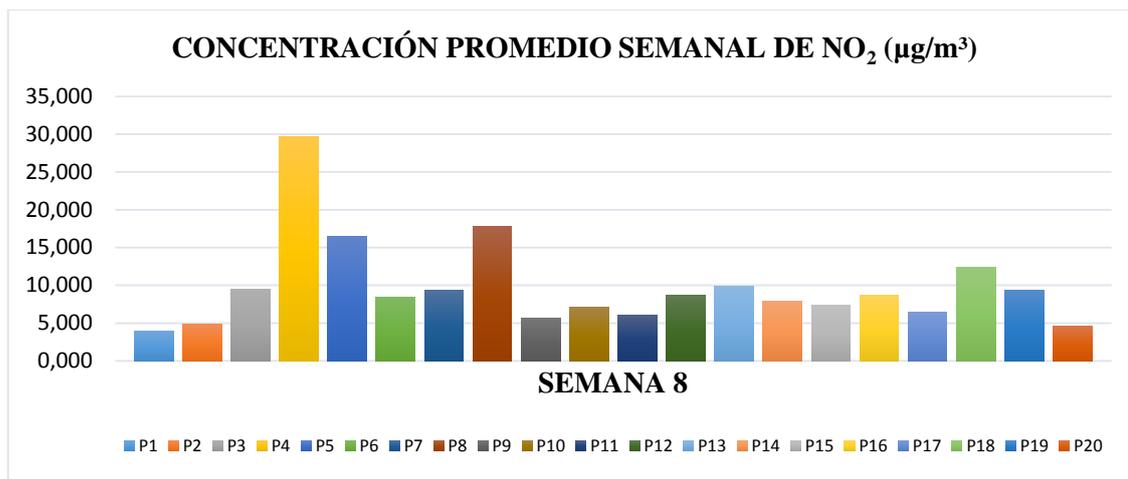


Gráfico 3-9 Concentración Promedio Semanal de NO₂ (µg/m³), semana 8.

Realizado por: Cueva, P, 2017

En el gráfico 3-9, la Concentración promedio semanal alcanzada durante la semana 8 correspondiente del 02 al 09 de enero del 2017, se observa una concentración mayor en comparación a los demás puntos de estudio en el punto 4 con un valor de 29,68 (µg/m³) debido a que constituye un punto donde existe una zona urbanizada que involucra una mayor presencia de vehículos, resultado que concuerda con el obtenido por (Calisaya 2012, p.51) donde a través de su estudio establece que la presencia de NO₂ se debe a las emisiones generadas por los automotores. El punto de menor concentración constituye el punto 1 con un valor igual a 3,976 (µg/m³) debido al inicio de la temporada invernal que generó la dilución de la concentración de la solución absorbente.

3.1.1.2. Dióxido de Azufre

En el siguiente gráfico se detalla la concentración máxima de SO₂ alcanzada en los 20 puntos de estudio durante 8 semanas, citados en la Tabla 3-2, los resultados obtenidos son similares a los alcanzados por (Molina y Jiménez 2015, p. 84) tras desarrollar la temática "Desarrollo de la metodología para recolección y valoración de concentraciones de SO₂ del aire ambiente en el parque industrial y las zonas de mayor tráfico de la ciudad de Cuenca", donde se aprecian bajas concentraciones de SO₂ asumiendo dichos valores al desarrollo de monitoreo en un lapso de exposición de 8 días, se observa en la gráfica que los valores más altos corresponden al punto 10 y 11 con concentraciones de 30,38 y 36,013 (µg/m³).

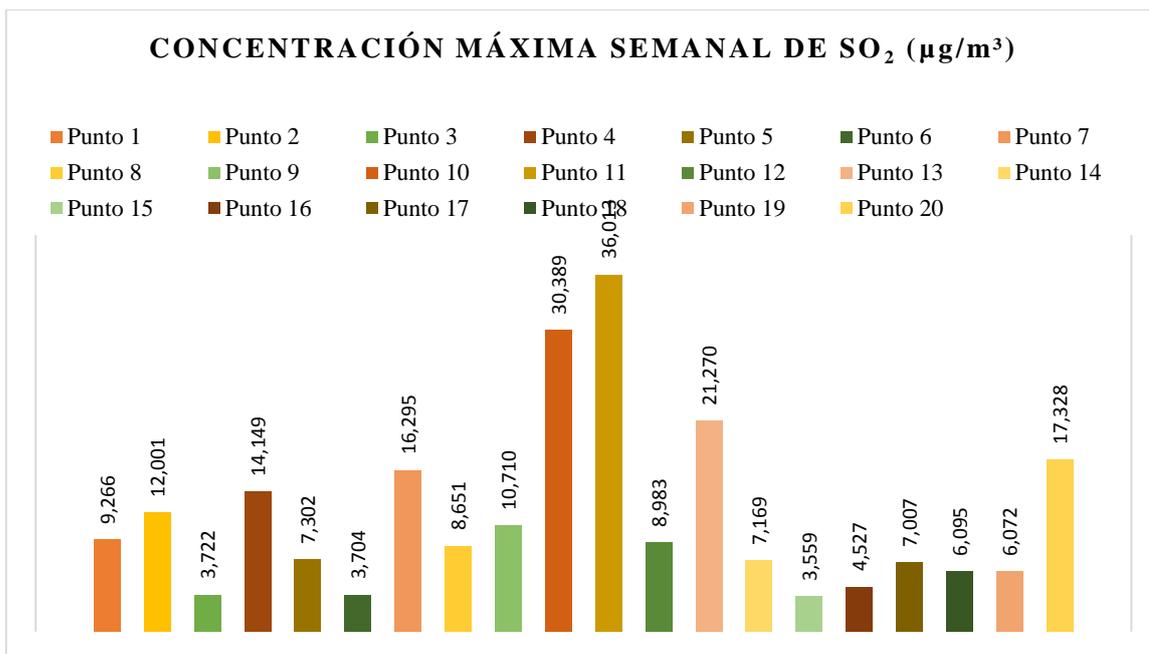


Gráfico 3-10 Concentración Máxima Semanal de SO₂ (µg/m³)

Realizado por: Cueva, P, 2017

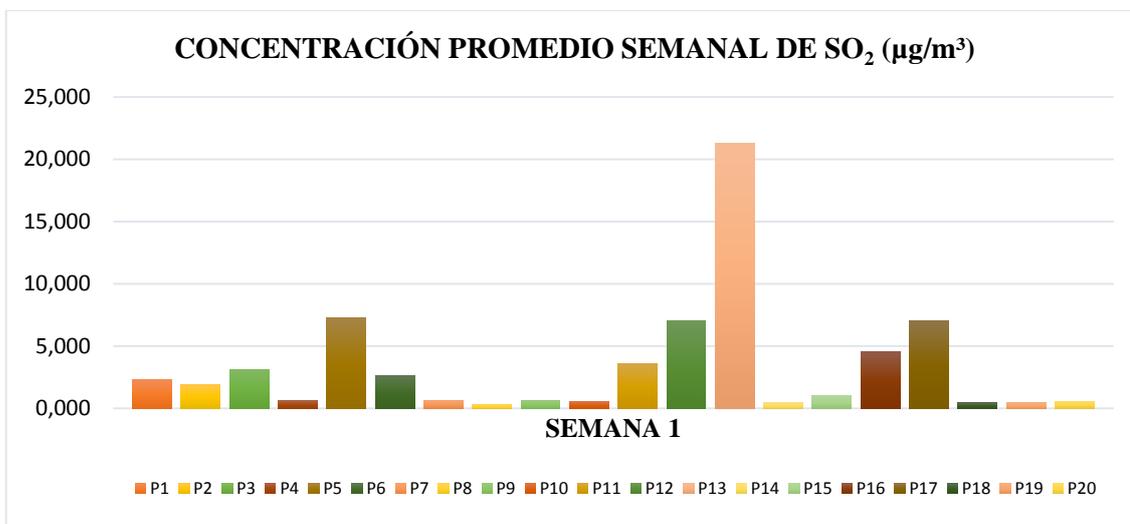


Gráfico 3-11 Concentración Promedio Semanal de SO₂ (µg/m³), semana 1.

Realizado por: Cueva, P, 2017

En el gráfico 3-11, se observa la Concentración promedio semanal alcanzada durante la semana 1 correspondiente del 11 al 20 de noviembre del 2016, donde se observa una concentración representativa en el punto 13 con un valor de 21,27 (µg/m³) esto debido a que existen empresas que involucran la entrada y salida permanente de vehículos, resultado respaldado por el estudio desarrollado por (Molina y Jiménez 2015, p. 84) donde establece que los puntos de mayor

concentración obtenida es debido al elevado tránsito vehicular. El punto de menor concentración se aprecia en el punto 8 con un valor igual a 0,281 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) esto debido a que se encuentra localizado en un punto con ausencia de empresas que generan emisión del contaminante en mención, valor respaldado por el estudio (De la Cruz et al. 2011) donde establece que se obtienen menores concentraciones cuando existe dilución de los contaminantes en la pluma de emisión razón que se le puede atribuir a la baja concentración presentada.

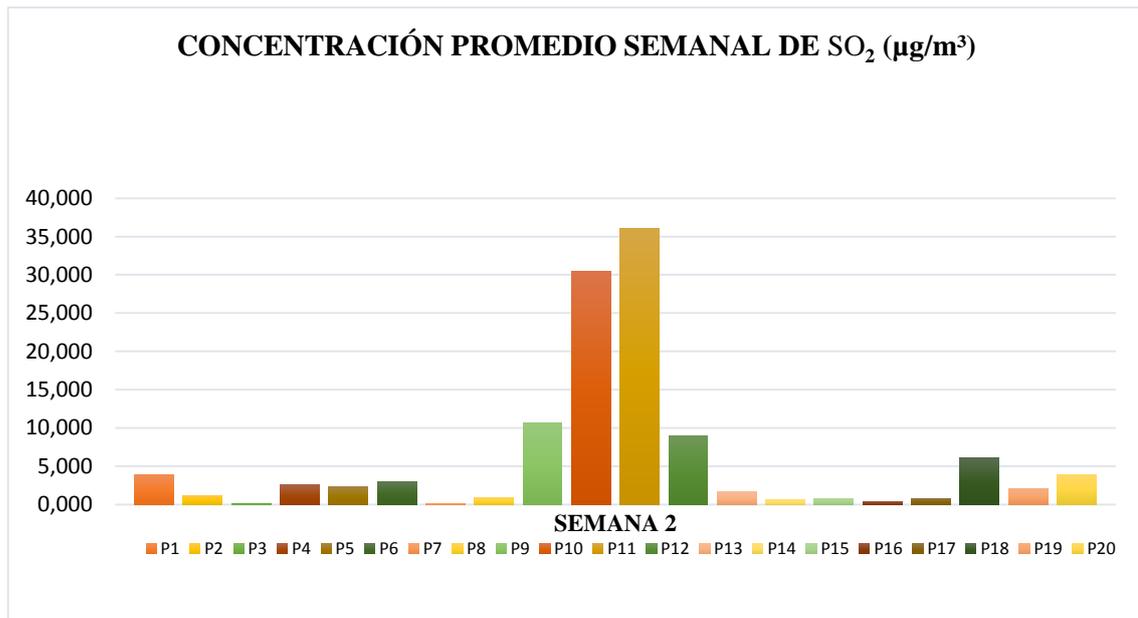


Gráfico 3-12 Concentración Promedio Semanal de SO₂ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$), semana 2.

Realizado por: Cueva, P, 2017

En el gráfico 3-12, la Concentración promedio semanal alcanzada durante la semana 2 correspondiente del 21 al 27 de noviembre al del 2016, se observa una concentración representativa en el punto 10 con un valor de 30,389 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) y el punto 11 igual a 36,013 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) esto debido a que constituyen puntos donde existen urbanizaciones de gran extensión y por ende gran afluencia vehicular que basado en el estudio desarrollado por (Molina y Jiménez 2015, p. 84) la presencia de elevada concentración de SO₂ es debida a la afluencia vehicular del sector. El punto de menor concentración constituye el punto 16 con un valor igual a 0,428 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) debido a que se encuentra localizado en un punto sin presencia de actividad industrial con poca afluencia vehicular a comparación del punto 10 y 11.

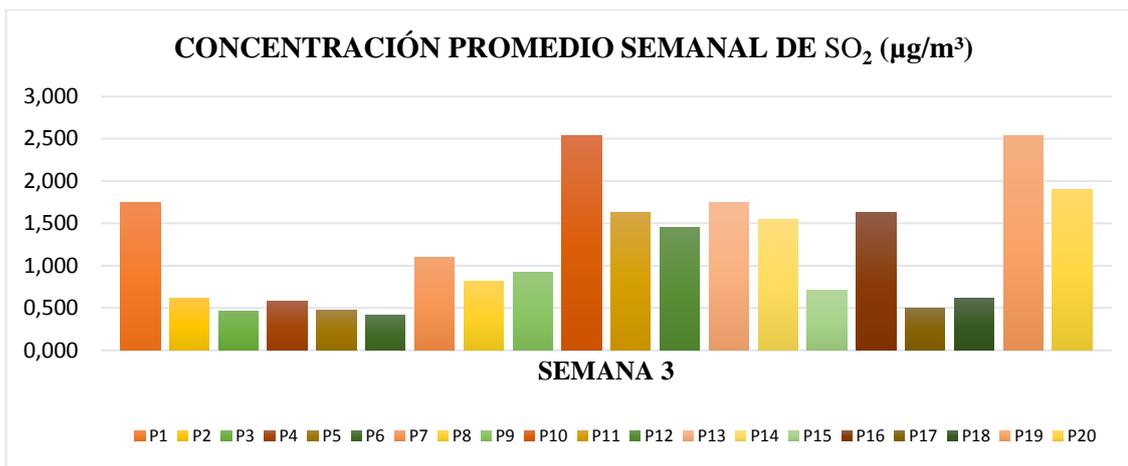


Gráfico 3-13 Concentración Promedio Semanal de SO₂ (µg/m³), semana 3.

Realizado por: Cueva, P, 2017

La concentración promedio semanal alcanzada durante la semana 3 correspondiente del 28 de noviembre al 04 de Diciembre del 2016 se expresa en el grafico 3-13, donde se observa una concentración elevada en comparación a los demás puntos en el punto 10 con un valor de 2, 542 (µg/m³) y el punto 19 igual a 2,535 (µg/m³) debido a que constituyen puntos con presencia de urbanizaciones de gran extensión y por ende de gran afluencia vehicular, resultado respaldado por el estudio desarrollado por (Molina y Jiménez 2015, p. 84) donde atribuye la presencia elevada de SO₂ a la afluencia vehicular del sector. El punto de menor concentración constituye el punto 6 con un valor igual a 0,413 (µg/m³) atribuyéndose a la escasa presencia de industrias y tránsito de vehículos en esa semana a comparación del punto 10 y 19.

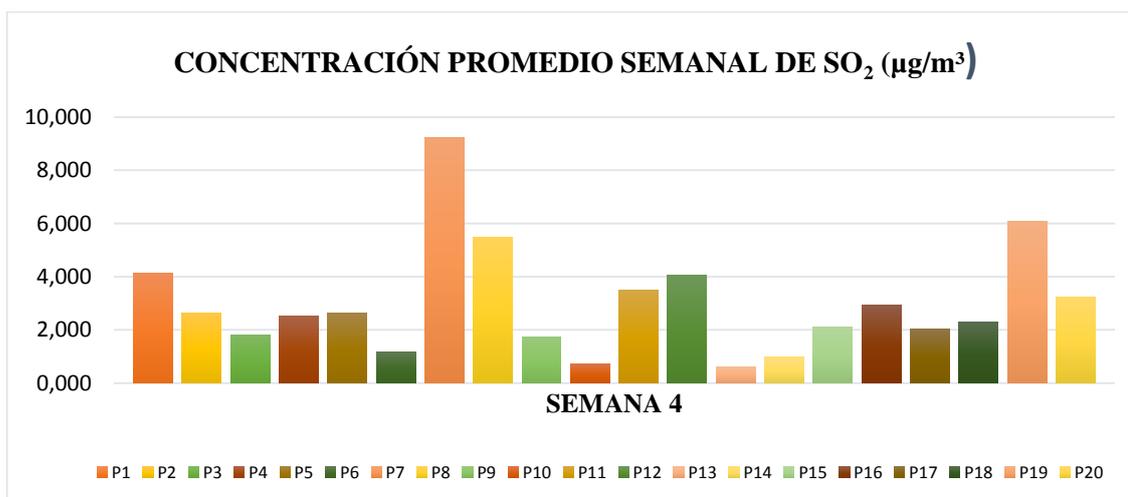


Gráfico 3-14 Concentración Promedio Semanal de SO₂ (µg/m³), semana 4.

Realizado por: Cueva, P, 2017

En el gráfico 3-14, la Concentración promedio semanal alcanzada durante la semana 4 correspondiente del 05 al 11 de diciembre del 2016, se observa una concentración mayor en comparación a los demás puntos de estudio en el punto 7 con un valor de 9,214 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) y el punto 19 igual a 6,072 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) esto debido a que constituyen puntos donde existen urbanizaciones con entrada y salida de vehículos permanente, resultado respaldado por el estudio desarrollado por (Molina y Jiménez 2015, p. 84) donde atribuye la presencia elevada de SO_2 a la afluencia vehicular del sector. El punto de menor concentración constituye el punto 13 con un valor igual a 0,734 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) debido a una escasa presencia de industrias y vehículos en el sector.

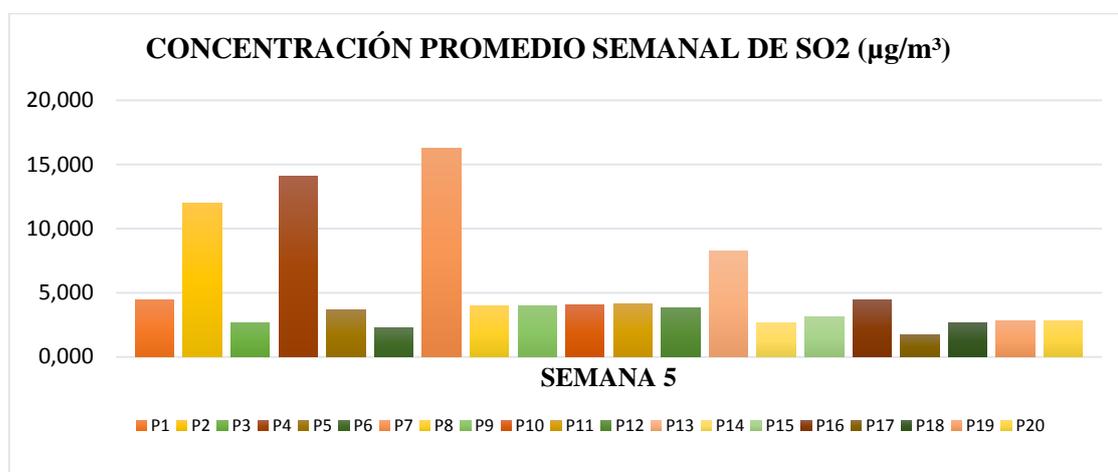


Gráfico 3-15 Concentración Promedio Semanal de SO_2 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$), semana 5.

Realizado por: Cueva, P, 2017

La Concentración promedio semanal alcanzada durante la semana 5 correspondiente del 12 al 18 de Diciembre del 2016 se expresa en el grafico 3-15, donde se observa una concentración elevada en comparación a los demás puntos en el punto 4 con un valor igual a 14,096 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$), en el punto 7 con un valor de 16,295 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) y el punto 20 igual a 12,001 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$), debido a que constituye un sector donde existen urbanizaciones que demanda gran presencia de vehículos, respaldado en el resultado obtenido por (Molina y Jiménez 2015, p. 84) donde atribuye la presencia elevada de SO_2 a la afluencia vehicular del sector. El punto de menor concentración constituye el punto 17 con un valor igual a 1,764 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) atribuyéndose a que constituye un sector donde la presencia de industrias y vehículos es limitada a comparación del punto 7,4 y 20.

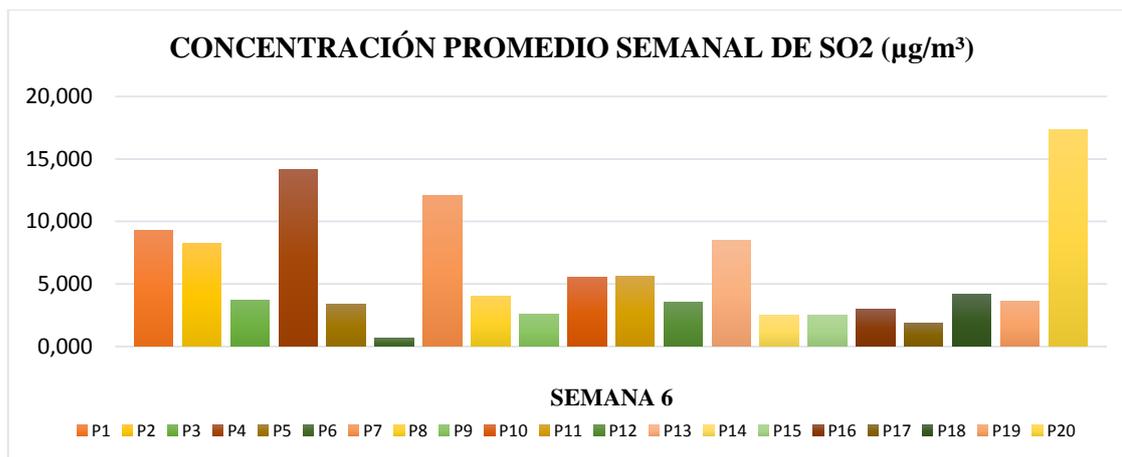


Gráfico 3-16 Concentración Promedio Semanal de NO₂ (µg/m³), semana 6.

Realizado por: Cueva, P, 2017

En el gráfico 3-16, la concentración promedio semanal alcanzada durante la semana 6 correspondiente del 19 al 25 de diciembre del 2016, a una temperatura de 300,22 K, se observa una concentración elevada en los puntos: 1 con valor igual a 9,266(µg/m³), el punto 4 con valor igual a 14,149 (µg/m³), el punto 7 presenta 12,047 (µg/m³), el punto 13 presenta 8,514 (µg/m³), y el punto 19 presenta 17,328 (µg/m³), debido a que durante esta fecha de muestreo se desarrolló un feriado nacional que involucró un movimiento vehicular mayor, resultado respaldado por el obtenido por (Molina y Jiménez 2015, p. 84) donde relaciona la elevada concentración de SO₂ a la afluencia vehicular del sector. El punto de menor concentración constituye el punto 6 con un valor igual a 0,657 (µg/m³) debido a encontrarse localizado en un punto alejado de urbanizaciones e industrias a comparación de los puntos 1,4,7,13 y 19..

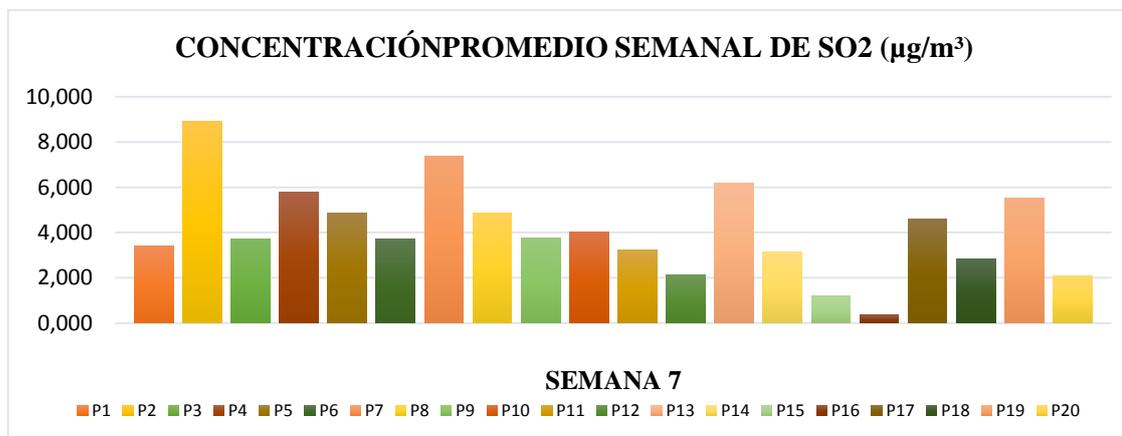


Gráfico 3-17 Concentración Promedio Semanal de SO₂ (µg/m³), semana 7.

Realizado por: Cueva, P, 2017

La Concentración promedio semanal alcanzada durante la semana 7 correspondiente del 26 de Diciembre del 2016 al 01 de Enero del 2017 se expresa en el grafico 3-17, donde se observa una concentración elevada en comparación a los demás puntos en el punto 2 con un valor de 8,910 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$), el punto 7 con un valor de 7,365 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$), el punto 13 con un valor de 6,176 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)y punto 19 igual a 5,516 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) debido a que constituye un sector donde existen empresas que involucran la entrada y salida permanente de vehículos, resultado respaldado por el obtenido por (Molina y Jiménez 2015, p. 84) donde relaciona la elevada concentración de SO_2 a la afluencia vehicular del sector. El punto de menor concentración constituye el punto 16 con un valor igual a 0,359 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) debido a que se encuentra localizado en un punto sin presencia de actividad industrial con poca afluencia vehicular a comparación del punto 2, 7,13 y 19.

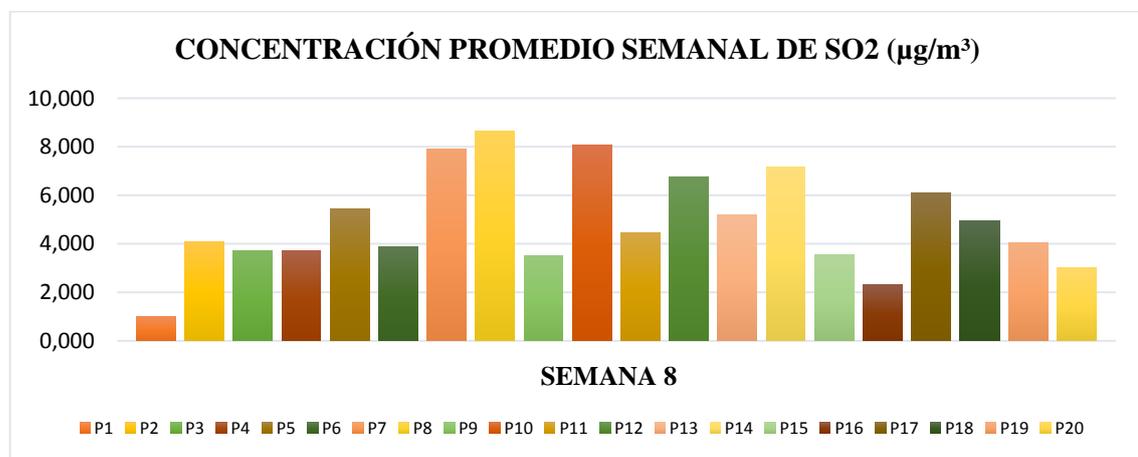


Gráfico 3-18 Concentración Promedio Semanal de SO_2 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$), semana 8.

Realizado por: Cueva, P, 2017

En el gráfico 3-18, la Concentración promedio semanal alcanzada durante la semana 8 correspondiente del 02 al 09 de enero del 2017, se observa una concentración mayor en comparación a los demás puntos de estudio en el punto 7 con un valor de 7,897 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$), en el punto 8 con un valor de 8,651 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$), en el punto 10 con un valor de 8,059, en el punto 14 con un valor de 7,169 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) y el punto 17 con un valor igual a 6,111 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) debido a que constituyen puntos donde se desarrolla una serie de actividades industriales productivas que genera el uso mayor de vehículos, resultado que concuerda con el desarrollado por (Molina y Jiménez 2015, p. 84) donde relaciona la elevada concentración de SO_2 a la afluencia vehicular del sector. El punto de menor concentración constituye el punto 1 con un valor igual a 0,982 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) debido al inicio de la temporada invernal que generó la dilución de la concentración de la solución absorbente.

3.2. Análisis de las concentraciones de NO₂ y SO₂ empleando ArcGIS.

Las concentraciones de SO₂ y NO₂ obtenidas de los 8 muestreos desarrollados en 20 puntos alrededor de Vía a la Costa fueron necesarias plasmarlas gráficamente mediante el uso del software ArcGIS a fin de establecer a partir de la escala colorimétrica la variación de la concentración de los gases contaminantes en estudio de cada punto de análisis.

En la figura 3-1 se ilustra la concentración de Dióxidos de nitrógeno y en la figura 3-2 la concentración de Dióxidos de Azufre obtenidas a partir de los captadores pasivos ubicados a lo largo del área de estudio donde la tonalidad azul celeste equivale a una baja concentración y la coloración naranja rojiza es signo de concentración elevada.

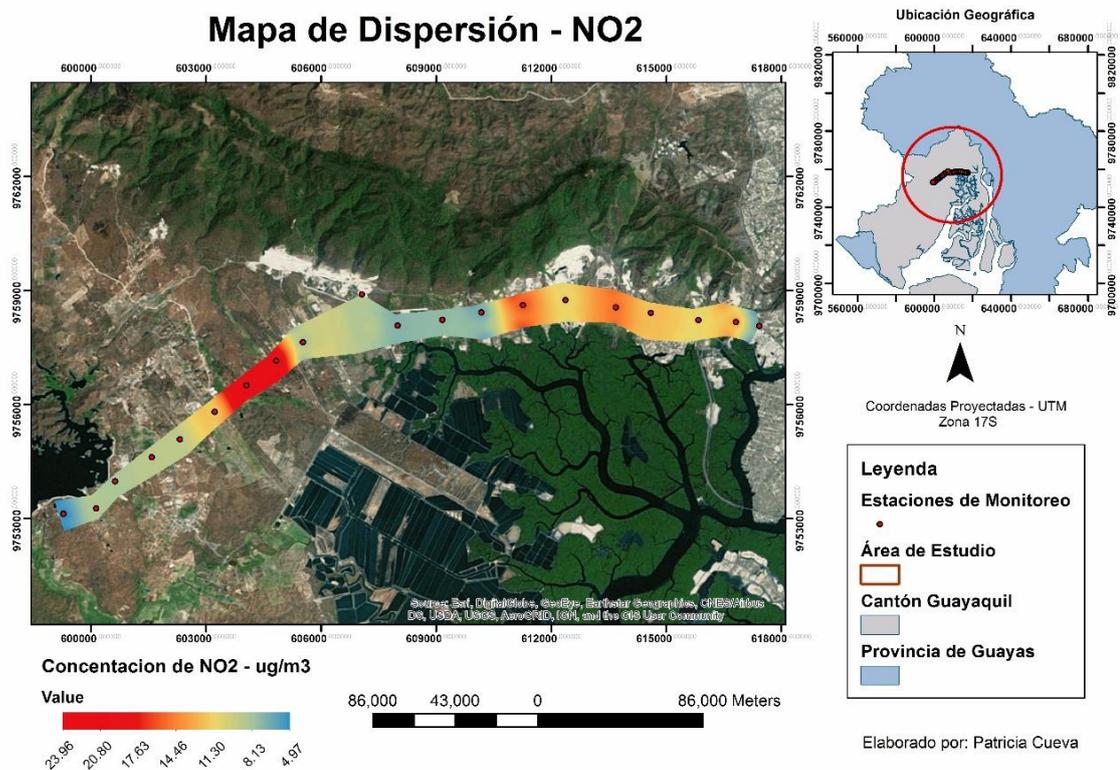


Figura 3-1 Mapa de concentraciones de NO₂ empleando ArcMap.

Realizado por: Cueva, P, 2017

La figura 3-1 ilustra la concentración promedio de dióxidos de nitrógeno donde se aprecia que los puntos 13 y 14 presentan concentraciones iguales a 20,818 y 23,966 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ respectivamente, valores comprendidas entre 23,95 y 20,80 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ que corresponden a la coloración rojiza de la escala colorimétrica e indican una concentración cuantitativa alta en comparación a los otros puntos de monitoreo, se estipula se alcanzó mencionado valor debido a encontrarse los

muestreadores colocados en puntos cercanos a la vía principal de la empresa HOLCIM. SA que involucra la entrada y salida permanente de vehículos.

Concentraciones bajas se visualizan en los puntos 1 con valor igual a $6,024 \mu\text{g}/\text{m}^3$, en el punto 8 igual a $6,431 \mu\text{g}/\text{m}^3$, en el punto 9 igual a $7,563 \mu\text{g}/\text{m}^3$, en el punto 10 igual a $7,063 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y la concentración más baja en el punto 20 igual a $4,970 \mu\text{g}/\text{m}^3$, correspondiente a la coloración azul celeste de la escala colorimétrica aplicada que indica baja concentración, debido a encontrarse los muestreadores localizados en puntos alejados de urbanizaciones e industrias o donde el tráfico vehicular es poco predominante.

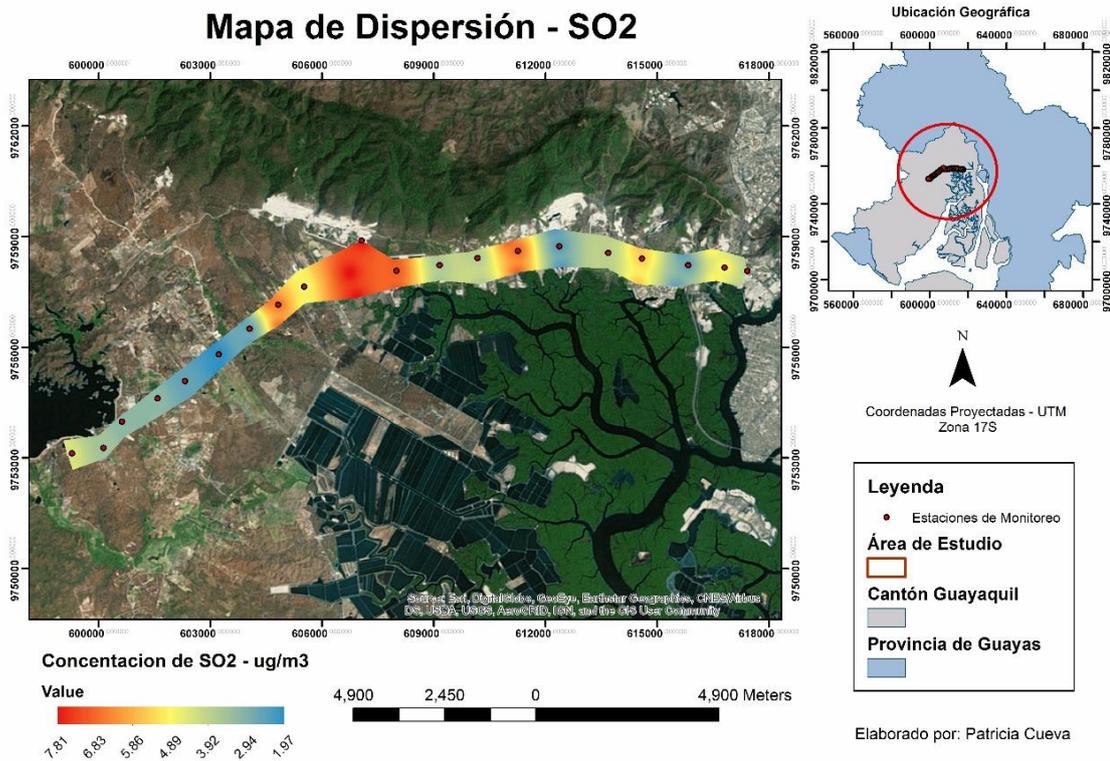


Figura 3-2 Mapa de concentraciones de SO₂ empleando ArcMap.

Realizado por: Cueva, P, 2017

La figura 3-2 ilustra la concentración de Dióxidos de azufre donde se aprecia que los puntos 7, 10 y 11 presentan concentraciones iguales a $6,825$, $6,988$ y $7,765 \mu\text{g}/\text{m}^3$ respectivamente, valores comprendidas entre $7,81$ y $5,86 \mu\text{g}/\text{m}^3$ que corresponden a la coloración rojiza naranja de la escala colorimétrica e indican una concentración cuantitativa alta en comparación a los otros puntos de monitoreo, se estipula se alcanzó mencionado valor debido a encontrarse los muestreadores colocados en puntos cercanos a empresas productoras de cal que involucra el uso de chimeneas para su actividad productiva.

Concentraciones bajas se visualizan en los puntos 3 con valor igual a 2,395 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, en el punto 6 igual a 2,222 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, en el punto 14 igual a 2,379 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, y en el punto 15 igual a 1,876 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, correspondiente a la coloración azul celeste de la escala colorimétrica aplicada que indica baja concentración, debido a encontrarse los muestreadores localizados en puntos alejados de fuentes industriales directas.

3.3. Análisis estadístico

En el gráfico 3-19 se describen los resultados obtenidos tras desarrollar el Diseño de Componentes principales en el cual se establece que los parámetros meteorológicos empleados en el estudio no interfieren en la prevalencia de SO_2 y NO_2 en el lugar de exposición, es decir su presencia en el sector está ligada a la fuente que lo genera, siendo esta la misma para los dos gases contaminantes lo cual faculta se mantenga en el sector.

Correlation Matrix^{a,b}

	Fecha	Semana	PRESION mmhg	TEMPERATURA K	% (Porcentaje de humedad relativa)	Radiación Solar (W/m2)	Dirección de viento (grados geográficos)	Velocidad de viento (m/s)	Recorrido del viento (km)	Punto de muestreo	CambSO2	
Correlation	Fecha	1,000	1,000	-.774	,944	-.051	-.841	-.595	-.936	-.935	,000	,101
	Semana	1,000	1,000	-.774	,944	-.051	-.841	-.595	-.936	-.935	,000	,101
	PRESION mmhg	-.774	-.774	1,000	-.763	,196	-.439	,799	,819	,814	,000	-.047
	TEMPERATURA K	,944	,944	-.763	1,000	-.189	-.823	-.635	-.831	-.829	,000	,035
	% (Porcentaje de humedad relativa)	-.051	-.051	,196	-.189	1,000	-.181	,450	-.168	-.183	,000	-.022
	Radiación Solar (W/m2)	-.841	-.841	,439	-.823	-.181	1,000	,118	,805	,806	,000	-.028
	Dirección de viento (grados geográficos)	-.595	-.595	,799	-.635	,450	,118	1,000	,494	,490	,000	-.048
	Velocidad de viento (m/s)	-.936	-.936	,819	-.831	-.168	,805	,494	1,000	1,000	,000	-.083
	Recorrido del viento (km)	-.935	-.935	,814	-.829	-.183	,806	,490	1,000	1,000	,000	-.084
	Punto de muestreo	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000	1,000	-.061
	CambSO2	,101	,101	-.047	,035	-.022	-.028	-.048	-.083	-.084	-.061	1,000

a. Determinant= ,000

b. This matrix is not positive definite.

Gráfico 3-19 Matriz de correlación.

Realizado por: Cueva, P, 2017

Al no tener la relación esperada entre los parámetros meteorológicos y la concentración de NO_2 y SO_2 , se le atribuye a otros parámetros no contemplados en este estudio como la altura en función al nivel del mar, la relación aire –combustible, la descomposición térmica de los contaminantes, el tipo de combustible, entre otros, que resultan factores importantes que influyen directamente en la emisión de gases contaminantes a la atmósfera.

3.3.1. Análisis de prevalencia

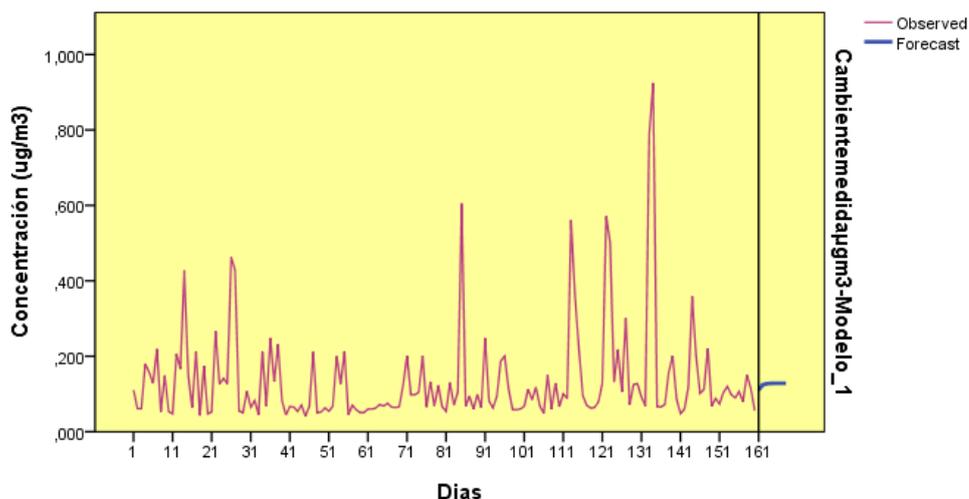


Gráfico 3-20 Prevalencia de la concentración NO_2

Realizado por: Cueva, P, 2017

En el gráfico 3-20 y 3-21 podemos establecer que la tendencia de la concentración en el tiempo expresada en la línea rosada se mantiene a pesar de presentar picos elevados, es decir mediante la predicción desarrollada representada en la línea azul, no hay posibilidad de alcanzar elevados valores de concentración en semanas futuras que alteren la gráfica

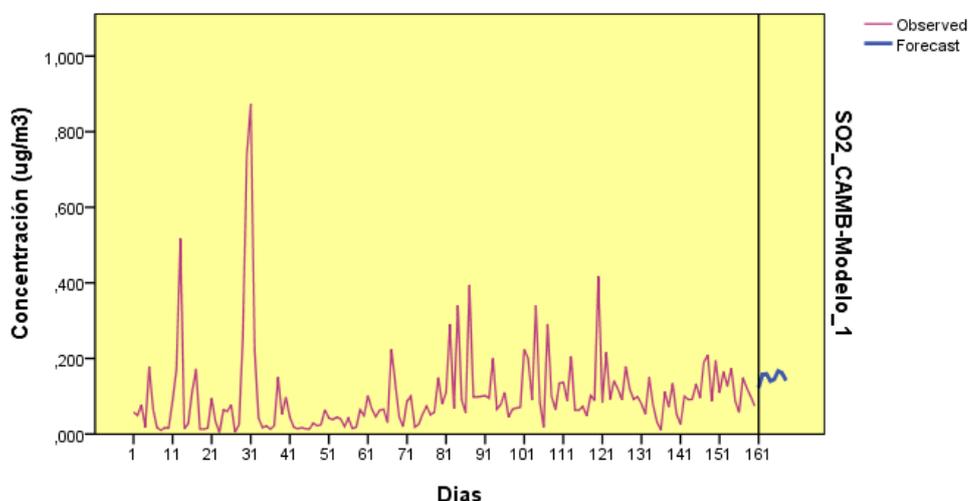


Gráfico 3-21 Prevalencia de la concentración SO_2

Realizado por: Cueva, P, 2017

3.4. Protocolo para direccionar la preservación y manejo de la calidad del aire.

Tras desarrollar el estudio del SO_2 y NO_2 , contaminantes atmosféricos presentes en bajas concentraciones en la zona industrial de vía a La Costa se ha visto necesario establecer una serie de medidas que permitan preservar la calidad del aire en el sector, así se tiene:

- Desarrollar mediante estudios posteriores mapas de vulnerabilidad y capacidad del territorio, que permitan establecer la incidencia de los contaminantes en una zona determinada, lo que faculta mejorar el orden del territorio y aplicar medidas de protección atmosférica.
- Implementar sistemas de vigilancia de contaminación atmosférica en el sector.
- Fomentar medidas de ahorro energético en las industrias aledañas al sector mediante sistemas regulatorios de temperatura, aislamiento térmico y rendimiento de calderos y calefacciones.
- Optimizar y monitorear los procedimientos de las actividades industriales, mediante la implementación de lavadores de partículas (scrubbers) o sistemas de extracción, filtración y separación de material particulado; sistemas de recolección entre otros a fin de reducir la contaminación del aire.
- Regular el tráfico vehicular y fomentar el uso de transportes públicos en el sector.(Fernández 2016)

CONCLUSIONES

- Se determinó mediante el estudio desarrollado durante dos meses en la Zona de Vía a la Costa – Guayaquil desde Jardines hasta el km 26, el grado de contaminación producida por el SO₂ y NO₂ a partir de las muestras colectadas en los 20 puntos de la zona de estudio cuya concentración de los gases contaminantes captados mediante captadores pasivos son bajos y no sobrepasan el límite permitido por la norma Ecuatoriana para Dióxido de nitrógeno igual a 200 µg/m³ en una hora y para Dióxido de azufre igual a 125 µg/m³ por día según el Acuerdo Ministerial 097A Libro VI Anexo 4 Calidad del aire, facultando de esta manera una calidad del aire en el sector actual adecuada que requerirá tomar medidas presentes para asegurar la calidad de vida futura de las personas del sector de estudio.
- El uso del Software SPSS favoreció establecer la correlación existente entre los parámetros meteorológicos y la concentración obtenida de los captadores pasivos de SO₂ y NO₂ donde se establece que la presión, temperatura, porcentaje de humedad, grado de radiación ,velocidad y dirección del viento, no existe, e indica que estadísticamente los factores meteorológicas no influyen en la prevalencia de los gases contaminantes en la zona, lo que atribuye que la presencia de SO₂ y NO₂ se debe a la misma fuente de generación; el análisis de dispersión de las concentraciones indica una dispersión no significativa atribuyendo este efecto a la velocidad y dirección del viento la cual no es fuerte y no favorece la dispersión de los contaminantes atmosféricos a lugares aledaños que consiente se mantenga en el lugar de emisión hasta ser volatilizados hasta capas superiores de la atmósfera; el desarrollo de análisis de prevalencia en el tiempo de los gases contaminantes en estudio sigue una misma tendencia con poca apreciación de picos elevados que involucra una permanencia casi constante en meses futuros del dióxido de nitrógeno y azufre.
- Mediante el análisis de la concentración de SO₂ y NO₂, contaminantes atmosféricos presentes en bajas concentraciones en la zona industrial de vía a la Costa se ha visto necesario establecer medidas que permitan mejorar y preservar la calidad del aire mediante medidas que involucre a los entes regulatorios, las personas que habitan en el sector y a las industrias que se desarrollan en el mismo, a fin de fomentar un orden territorial que asegure la calidad de vida, la Implementación de sistemas de vigilancia de contaminación atmosférica en el sector, la aplicación de medidas de ahorro energético en las industrias aledañas, la optimización y monitoreo de los

procedimientos industriales, la regularización del tráfico vehicular y el uso de transportes públicos o de vehículos cuya emisión de contaminantes atmosféricos sea de menor incidencia a los empleados en la actualidad.

RECOMENDACIONES

- Establecer un tiempo de estudio de los contaminantes gaseosos superior a dos meses a fin de tener una base de datos más amplia que faculte establecer una relación más profunda de la presencia de los gases en el sector.
- Ampliar el número de puntos de muestreo y colocarlos alrededor del área de estudio que favorezca tener información de la dispersión de los contaminantes atmosféricos en zonas aledañas a los puntos de estudio.
- Incorporar señalética de precaución y cuidado en cada uno de los puntos de monitoreo a fin de evitar la maniobra de particulares de los muestreadores.
- Desarrollar un estudio de fuentes específicas (fijas o móviles) de emisión de Dióxidos de nitrógeno y azufre que faculte determinar la relación directa entre la concentración y la fuente de generación de contaminación atmosférica.
- Emplear equipos de análisis actualizados que permita disminuir el índice de error en el estudio de las muestras.
- Fomentar en la Institución la investigación en temas de Calidad del aire que amplíe la cultura de protección y generación de alternativas sustentables en contra de la contaminación atmosférica.
- Incorporar en las cátedras de la carrera el manejo de software de modelación de la calidad del aire, elaboración de mapas de dispersión y otros afines que favorezcan elevar el nivel académico de los estudiantes tras culminar su preparación profesional.

BIBLIOGRAFIA

AGENCIA PARA SUSTANCIAS TÓXICAS Y REGISTRO DE ENFERMEDADES, Óxidos de nitrógeno. [en línea]. 2016. Disponible en:

https://www.atsdr.cdc.gov/es/toxfaqs/es_tfacts175.html.

AGENCIA SUIZA PARA EL DESARROLLO Y LA COOPERACIÓN, 2001. Manual de Laboratorio. [en línea]. S.l.: Disponible en:

<http://www.bvsde.paho.org/bvsci/e/fulltext/manualab/indice.pdf>.

ALATORRE, A. y LLANOS, M. del C., Contaminación atmosférica en Tepic, Nayarit, México. *EDUCATECONCIENCA* [en línea], 2014, pp. 12. Disponible en:

<http://tecnocientifica.com.mx/volumenes/V4A04.pdf>.

BARAZA, X., CASTEJÓN, E. y GUARDINO, X., *Higiene Industrial* [en línea], 2016.

Editorial. S.l.: s.n. ISBN 8490646716. Disponible en:

<https://books.google.com.ec/books?id=XliiDAAAQBAJ&pg=PT147&dq=Muestreo+a+caudal+constante&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwignZ3P7fLUAhWDFj4KHeh1DtU4ChDoAQggMAA#v=onepage&q=Muestreo+a+caudal+constante&f=false>.

CABILDO, M. del P., CORNAGO, M. del Pilar, ESCOLÁSTICO, C., SANTOS, S., LÓPEZ, C. y SANZ, D. *Bases Químicas del medio ambiente* [en línea], 2013. S.l.: s.n. Disponible en:

https://books.google.com.ec/books?id=MhFIAGAAQBAJ&pg=PA365&dq=funciones+de+la+atmosfera++2013&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwj-kMr__N7UAhXBZiYKHRpHD-wQ6AEIMDAD#v=onepage&q=funciones+de+la+atmosfera+2013&f=false.

CALISAYA, C. Construcción y validación de dispositivos de monitoreo pasivo de Dióxido de nitrógeno (NO_2) y Dióxido de azufre (SO_2) en la ciudad de Arequipa - Perú [en línea], 2012. S.l.: Universidad Católica de Santa María. Disponible en: http://repositorio.concytec.gob.pe/bitstream/CONCYTEC/80/1/calisaya_cc.pdf.

CHILE. CONSEJERÍA DE MEDIO AMBIENTE, O. de territorio y U. de C. Contaminación atmosférica. [en línea], 2013. Disponible en:

<http://www.airecantabria.com/contaminantes.php>.

- CHILE . MINISTERIO DE AMBIENTE DE. Contaminación del aire. [en línea] , 2011. S.l.: Disponible en: http://www.mma.gob.cl/1304/articles-52016_Capitulo_1.pdf.
- CONTRERAS, A. y MOLERO, M., 2012. *Ciencia y Tecnología del medioambiente* [en línea]. S.l.: s.n. ISBN 843663286, 9788436263282. Disponible en: https://books.google.com.ec/books?id=xtvNPP8X6KAC&dq=atmosfera+definicion+2012&hl=es&source=gbs_navlinks_s.
- DE LA CRUZ, F., FURET, N., TURTÓS, L. y LORENTE, M. La dispersión atmosférica de contaminantes en una zona industrial de Cuba. *Revista CENIC* [en línea], 2011. pp. s. Disponible en: <http://www.redalyc.org/html/1816/181623057006/>.
- DOVAL, M. *Evaluación de la norma UNE EN 14211:2006 para la medida de óxidos de nitrógeno en aire: Propuestas de modificaciones* [en línea]. 2009.S.l.: Universidad de Murcia. Disponible en: <http://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/10938/DovalMinarro.pdf?sequence=1>.
- ECUADOR. INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICAS Y CENSOS. Anuario de Transporte 2015. [en línea] , 2015. S.l.: Disponible en: http://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas_Economicas/Estadistica_de_Transporte/2015/2015_AnuarioTransportesResultados.pdf.
- ECUADOR. MINISTERIO DEL AMBIENTE Plan Nacional de la Calidad del Aire. [en línea] , 2010. S.l.: Disponible en: <http://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2012/10/libro-calidad-aire-1-final.pdf>.
- ESPAÑA. MINISTERIO DE AGRICULTURA, A. y M.A. Calidad del aire y salud. [en línea]. , 2013. S.l.: Disponible en: file:///C:/Users/andres/Downloads/m2_salud_SP.pdf.
- FERNÁNDEZ, L. *Elaboración de inventarios de focos contaminantes* [en línea] , 2016. Tutor Form. S.l.: s.n. ISBN 8416482276, 9788416482276. Disponible en: https://books.google.com.ec/books?id=pJ8mDAAQBAJ&dq=toma+de+muestras+de+contaminantes+atmosféricos&hl=es&source=gbs_navlinks_s.
- GALLEGO, A., et.al. *Contaminación atmosférica* [en línea]. 2012.S.l.: s.n. ISBN 8436265238, 9788436265231. Disponible en:

https://books.google.com.ec/books?id=7xYvtMyRP7EC&dq=contaminación+atmosferica&hl=es&source=gbs_navlinks_s.

GRUPO CONSULTIVOS DE EXPERTOS, 2013. Manual del Sector de la energía: Quema de combustibles. . S.l.:

MÈXICO. INSTITUTO NACIONAL DE ECOLOGÍA,. Principios de medición de la calidad del aire. [en línea] ,2017. México: Disponible en:
[http://sinaica.inecc.gob.mx/archivo/guias/1- Principios de Medición de la Calidad del Aire.pdf](http://sinaica.inecc.gob.mx/archivo/guias/1-Principios%20de%20Medici3n%20de%20la%20Calidad%20del%20Aire.pdf).

MANAHAN, S.E. *Introducción a la química ambiental* [en línea] , 2006. Reverté. S.l.: s.n. ISBN 8429179070, 9788429179071. Disponible en:
https://books.google.com.ec/books?id=5NR8DIk1n68C&dq=atmosfera&hl=es&source=gbs_navlinks_s.

MANRIQUE, A. y OSSA, D., 2010. *Validación de los métodos espectrofotométricos para la determinación de SOX y NOX en muestras de aire*. S.l.: Universidad Tecnológica de Pereira.

MARTÍNEZ, A. y ROMIEU, I. *Introducción al monitoreo atmosférico*. [en línea]. , 2010. Distrito Federal: Disponible en:
<http://bibliotecavirtual.minam.gob.pe/biam/bitstream/id/607/BIV00156.pdf>.

MARTÍNEZ, E. y DÍAZ, Y. *Contaminación atmosférica* [en línea] , 2004. S.l.: s.n. ISBN 8484273245, 9788484273240. Disponible en:
https://books.google.com.ec/books?id=sLE8xbtcK-gC&dq=contaminacion+atmosferica&hl=es&source=gbs_navlinks_s.

MOLINA, M.C. y JIMÉNEZ, J.D. *Desarrollo de la metodología para recolección y valorización de concentraciones de SO2 del aire ambiente en el parque industrial y las zonas de mayor tráfico de la ciudad de Cuenca*. [en línea] , 2015. S.l.: Universidad Politécnica Salesiana- Sede Cuenca. Disponible en:
<http://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/8021/1/UPS-CT004887.pdf>.

MUÑOZ, E. y GRAU, M. *Ingeniería Química* [en línea] , 2013. Editorial. Madrid: s.n. ISBN 9788436266429. Disponible en:

https://books.google.com.ec/books?id=EES6nXZJbaMC&pg=PT191&dq=factores+que+l+imitan+la+dispersion+de+gases+en+la+atmosfera&hl=es&sa=X&redir_esc=y#v=onepage&q=factores+que+limitan+la+dispersion+de+gases+en+la+atmosfera&f=false.

ORGANIZACION DE NACIONES UNIDAS. Estado del aire. [en línea] , 2008pp. 10.

Disponible en: [http://www.pnuma.org/deat1/pdf/Ecuador pdf/04. Capitulo 2. Estado del aire.pdf](http://www.pnuma.org/deat1/pdf/Ecuador%20pdf/04.%20Capitulo%20Estado%20del%20aire.pdf).

ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD, Calidad del aire ambiente (exterior) y salud.

[en línea], 2016. Disponible en: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs313/es/>.

ORTEGA, L. Contaminación atmosférica. [en línea]. , 2014. S.l.: Disponible en:

http://roble.pntic.mec.es/lorg0006/dept_biologia/archivos_texto/ctma_t3_contaminacion_atmosferica.pdf.

RAMOS, R. La calidad del aire es un problema para todos. *La Hora* [en línea] , 2007. 3 julio

2007. Disponible en: <https://lahora.com.ec/noticia/589542/la-calidad-del-aire-es-problema-de-todos>.

REGISTRO ESTATAL DE EMISIONES Y FUENTES CONTAMINANTES, 2013. Óxidos de

Azufre. [en línea]. Disponible en: <http://www.prtr-es.es/SOx-oxidos-de-azufre,15598,11,2007.html>.

SECRETARÍA DE AMBIENTE DEL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO Indice

Quiteño de Calidad Ambiental. [en línea], , 2015. Quito: Disponible en:

http://www.quitoambiente.gob.ec/ambiente/images/Secretaria_Ambiente/red_monitoreo/informacion/iqca_2014.pdf.

TANG, M.J., COX, R.A. y KALBERER, M.. Compilation and evaluation of gas phase diffusion coefficients of reactive trace gases in the atmosphere: Volume 1. Inorganic compounds.

Atmospheric Chemistry and Physics [en línea], 2014. S.l.: Disponible en:

<http://www.atmos-chem-phys.net/14/9233/2014/acp-14-9233-2014.pdf>.

UNIVERSITY COLLEGE LONDON y ANDES, U. de los Caracterización de la contaminación atmosférica en Colombia. [en línea], 2013. Colombia: Disponible en:

<https://prosperityfund.uniandes.edu.co/site/wp-content/uploads/Caracterización-de-la-contaminación-atmosférica-en-Colombia.pdf>.